বস্তুর ওপর তাপের প্রভাব
(Effect of Heat on Matter)

তাপ ও তাপমাত্রা

তাপ: তাপ হল এক প্রকার শক্তি, যা গ্রহণ করলে বস্তু উত্তপ্ত হয়ে ওঠে এবং বর্জন করলে ঠাণ্ডা হয়ে যায়। তাপ আমাদের ঠান্ডা বা গরমের অনুভূতি জাগায়। তাপকে Q বা q বা H দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

তাপ একটি যৌগিক ও স্কেলার রাশি। ইহার একক ও মাত্রা শক্তির একক ও মাত্রার অনুরূপ। তাপের মাত্রা $[Q] = ML^2T^{-2}$ এবং M.K.S পদ্ধতিতে তাপের একক J (জুল)।

C.G.S ও F.P.S পদ্ধতিতে তাপের একক যথাক্রমে Cal (ক্যালরি) ও Btu (ব্রিটিশ থার্মাল ইউনিট)। এছাড়া তাপ পরিমাপের একটি বড় একক হল Therm (থার্ম)।

1 Cal = 4.2 J	1 Btu = 252 Cal	1 Therm = 10^5 Btu

ক্যালরিমিটার যন্ত্রের সাহায্যে তাপ পরিমাপ করা যায়।

প্রশ্ন: 1 J তাপ বলতে কি বুঝ?
উত্তর: 1 kg পানির তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে যতটুকু তাপের প্রয়োজন হয়, তাকে 1 J তাপ বলে।

প্রশ্ন: 1 Cal তাপ বলতে কি বুঝ?
উত্তর: 1 gm পানির তাপমাত্রা 1°C বাড়াতে যতটুকু তাপের প্রয়োজন হয়, তাকে 1 Cal তাপ বলে।

প্রশ্ন: 1 Btu তাপ বলতে কি বুঝ?
উত্তর: এক পাউন্ড পানির তাপমাত্রা 1°F বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন তাকে 1 Btu তাপ বলে।

তাপের প্রকারভেদ

তাপকে প্রধানত তিনভাগে ভাগ করা যায়। যথা—

1. বোধগম্য তাপ (Sensible heat)
2. সুপ্ততাপ বা লীন তাপ (Latent heat)
3. বিকীর্ণ তাপ (Radiant heat)

বোধগম্য তাপ (Sensible heat): যে তাপ প্রয়োগ করলে কোন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটে না, কিন্তু তাপমাত্রা বা উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়, তাকে বোধগম্য তাপ (Sensible heat) বলে।

কোন পাত্রে জল নিয়ে আগুনে বসালে তা ক্রমে গরম হতে থাকে, অর্থাৎ তার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। তাপমাত্রার এই পরিবর্তন থার্মোমিটারে দেখা যায়। বোধগম্য তাপের সঞ্চারণের ফলে রান্না হয়।

সুপ্ততাপ বা লীন তাপ (Latent heat): যে তাপ কোন বস্তুর উপর প্রয়োগ করা হলে বস্তুর তাপমাত্রা বা উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় না, কিন্তু বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটে তাকে সুপ্ততাপ বা লীন তাপ (Latent heat) বলে।

অর্থাৎ তাপমাত্রা স্থির রেখে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন ঘটানোর জন্য যে পরিমান তাপ গৃহীত বা বর্জিত হয় তাকে ঐ পদার্থের একক ভরের অবস্থার পরিবর্তনের সুপ্ততাপ বলে।

যেমন— 1 atm চাপে 0˚C তাপমাত্রার বরফ গলে 0˚C এর পানি উৎপন্ন হতে প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ হল 80 cal/gm বা 336000 J/kg। আবার 1 atm চাপে 100˚C তাপমাত্রার পানি 100˚C এর বাষ্পে পরিণত হতে প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ হল 537 cal/gm বা 2268000 J/kg।

প্রশ্ন: অবস্থার পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় তাপ, তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে না কেনো?
অথবা, পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন ঘটার জন্য সুপ্ততাপের প্রয়োজন হয় কেনো?
উত্তর: একটি বিশেষ অবস্থায় পদার্থের অণুগুলো নিয়মিতভাবে সাজানো থাকে। তাপ প্রয়োগে অণুগুলো নিজ নিজ অবস্থান থেকে দ্রুত কাঁপতে থাকে ফলে গতিশক্তি বৃদ্ধির কারণে তাপমাত্রা বেড়ে যায়। কিন্তু যখন পদার্থটি তার অবস্থার পরিবর্তন করতে শুরু করে তখন অণুগুলোর নিয়মিত জ্যামিতিক সজ্জা ভেঙ্গে ফেলতে শক্তির প্রয়োজন হয়। তাপই এই শক্তি সরবরাহ করে। তাই পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় তাপ, তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে না। অর্থাৎ পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন ঘটার জন্য সুপ্ততাপের প্রয়োজন হয়।

সুপ্ততাপ বা লীন তাপের প্রকারভেদ

সুপ্ততাপ বা লীন তাপ চার প্রকার। যথা—

1. গলনের সুপ্ততাপ
2. বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ
3. তরলীভবনের সুপ্ততাপ
4. কঠিনীভবনের সুপ্ততাপ

গলনের সুপ্ততাপ: তাপমাত্রা স্থির রেখে কোনো কঠিন পদার্থকে তরলে পরিণত করতে যে তাপের প্রয়োজন হয়, সেই পরিমাণ তাপকে ঐ পদার্থের গলনের সুপ্ততাপ বলে।

বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ: তাপমাত্রা স্থির রেখে কোনো তরল পদার্থকে বাষ্পে পরিণত করতে যে তাপের প্রয়োজন হয়, সেই পরিমাণ তাপকে ঐ পদার্থের বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ বলে।

তরলীভবনের সুপ্ততাপ: তাপমাত্রা স্থির রেখে কোনো গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় পদার্থকে তরলে পরিণত করতে যে তাপ বর্জনের প্রয়োজন হয়, সেই পরিমাণ তাপকে ঐ পদার্থের তরলীভবনের সুপ্ততাপ বলে।

কঠিনীভবনের সুপ্ততাপ: তাপমাত্রা স্থির রেখে কোনো তরল পদার্থকে কঠিনে পরিণত করতে যে তাপ বর্জনের প্রয়োজন হয়, সেই পরিমাণ তাপকে ঐ পদার্থের কঠিনীভবনের সুপ্ততাপ বলে।

বিকীর্ণ তাপ (Radiant heat): যে তাপ মাধ্যম ছাড়া কিংবা মাধ্যমকে উত্তপ্ত না করেই বিকিরণ প্রণালীতে উৎস থেকে সঞ্চালিত হয় তাকে বিকীর্ণ তাপ (Radiant heat) বলে।

সূর্য থেকে যে তাপ পৃথিবীতে আসে তা হলো বিকীর্ণ তাপ। সূর্য থেকে আগত বিকীর্ণ তাপ সৌরজগতের বিভিন্ন গ্রহে ছড়িয়ে পড়ে।

প্রশ্ন: তাপ আণবিক গতির সাথে সম্পর্কিত এক প্রকার শক্তি— ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: প্রকৃতপক্ষে তাপ পদার্থের অণুগুলোর এলোমেলো গতির ফল। পদার্থের অণুগুলো সবসময় গতিশীল অবস্থায় থাকে। কোনো পদার্থের মোট তাপের পরিমাণ এর মধ্যস্থিত অণুগুলোর মোট গতিশক্তির সমানুপাতিক। কোনো বস্তুতে তাপ প্রদান করা হলে এর অণুগুলোর ছোটাছুটি বৃদ্ধি পায়, ফলে এর গতিশক্তিও বেড়ে যায়। সুতরাং তাপ পদার্থের আণবিক গতির সাথে সম্পর্কিত এক প্রকার শক্তি যা ঠান্ডা বা গরমের অনুভূতি জাগায়।

প্রশ্ন: তাপ এক প্রকার শক্তি— ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপ এক প্রকার শক্তি কারণ তাপ কাজ সম্পাদন করতে পারে। ভিন্ন কোনো শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তর হতে পারে আবার তাপকে অন্য শক্তিতেও রূপান্তরিত করা যায়। যেমন পেট্রোল ইঞ্জিনে জ্বালানি তেল দহনের ফলে রাসায়নিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। আবার এ তাপ শক্তি টারবাইনের জলকে বাষ্পে রূপান্তরিত করে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

তাপশক্তি সম্পর্কে প্রচলিত মতবাদ

তাপ সম্পর্কে দুটি মতবাদ প্রচলিত আছে। যথা—

1. ক্যালরিক মতবাদ
2. গতীয় মতবাদ

ক্যালরিক মতবাদ: এই মতবাদ অনুসারে তাপ, ক্যালরিক নামক এক প্রকার ভরবিহীন অতি সূক্ষ্ম স্থিতিস্থাপক প্রবাহী কণা। যা অতি সহজে এক বস্তু হতে অন্য বস্তুতে প্রবেশ করতে পারে এবং কণাগুলো একে অপরকে বিকর্ষণ করে। প্রত্যেক বস্তুতে কমবেশি ক্যালরিক থাকে। নিম্ন তাপমাত্রার বস্তু অপেক্ষা উচ্চ তাপমাত্রার বস্তুতে তুলনামূলকভাবে ক্যালরিক বেশি থাকে। দুটি বস্তুর মধ্যে তাপীয় সংযোগ ঘটলে এদের তাপমাত্রা সমান না হওয়া পর্যন্ত উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু হতে ক্যালরিক নিম্ন তাপমাত্রার বস্তুতে প্রবাহিত হয়। ক্যালরিক আদান প্রদানে বস্তুর ভরের কোনো পরিবর্তন হয় না। বস্তু ক্যালরিক হারিয়ে শীতল ও সংকুচিত হয় এবং ক্যালরিক লাভ করে উত্তপ্ত ও প্রসারিত হয়। কোনো বস্তুকে এর গলনাঙ্কে অথবা স্ফুটনাঙ্কে উত্তপ্ত করতে থাকলে উৎস হতে ক্যালরিক পদার্থিক বস্তুরূপে প্রবেশ করে সুপ্ত অবস্থায় থাকে এবং এর তাপমাত্রা স্থির রাখে। স্পঞ্জের মধ্যে পানি নিয়ে চাপ দিলে পানি যেমন বের হয়ে আসে ঠিক তেমনি দুটি বস্তুর ঘর্ষণে বস্তুদ্বয়ের চাপে ক্যালরিক নিষ্পেষিত হয়ে বের হয়ে আসে।

গতীয় মতবাদ: ১৭৯৮ সালে বিজ্ঞানী কাউন্ট রামফোর্ড কামান তৈরির কারখানা তত্ত্বাবধানকালে লক্ষ্য করেন যে, যন্ত্রের সাহায্যে কামান ছিদ্র করার সময় ছিদ্রিত ধাতব খণ্ড ও ছিদ্রকারী যন্ত্র হতে প্রচুর তাপের উদ্ভব হয় এবং এরা যথেষ্ট উত্তপ্ত হয়। আবার যন্ত্র যত ভোঁতা হয় তাপও তত বেশি উদ্ভব হয়। এই তাপের মূল উৎস উদ্ঘাটন করতে গিয়ে তিনি এই মতবাদ প্রদান করেন। এই মতবাদ অনুসারে তাপ হচ্ছে অনুসমূহের গতিশক্তির সমষ্টি। কোন বস্তুর উপর যান্ত্রিক কাজ সম্পাদিত হলে যে শক্তি ব্যায়িত হয় তা এই তাপশক্তিতে পরিণত হয়। গতীয় মতবাদ অনুসারে তাপশক্তি ব্যবহার করে কাজ করা সম্ভব এবং তাপশক্তিকে ভিন্ন কোনো শক্তি রূপান্তর করা সম্ভব।

উষ্ণতা বা তাপমাত্রা

সংজ্ঞা: তাপমাত্রা হচ্ছে বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে।

তাপমাত্রা একটি মৌলিক ও স্কেলার রাশি। ইহাকে θ বা T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে তাপমাত্রার একক K (কেলভিন)।

C.G.S ও F.P.S পদ্ধতিতে তাপমাত্রার একক যথাক্রমে °C (ডিগ্রী সেলসিয়াস বা ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড) ও °F (ডিগ্রী ফারেনহাইট)। তাপমাত্রা পরিমাপক যন্ত্রের নাম থার্মোমিটার।

প্রশ্ন: তাপীয় অবস্থা বলতে কি বুঝায়?
উত্তর: কোনো বস্তুর তাপীয় অবস্থা বলতে তার তাপমাত্রাকে বুঝায়।

তাপ ও তাপমাত্রার মধ্যে পার্থক্য

তাপ	তাপমাত্রা
তাপ হল এক প্রকার শক্তি, যা গ্রহণ করলে বস্তু উত্তপ্ত হয়ে ওঠে এবং বর্জন করলে ঠাণ্ডা হয়ে যায়।	তাপমাত্রা হচ্ছে বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে।
তাপ একটি যৌগিক বা লব্ধ রাশি।	তাপমাত্রা একটি মৌলিক রাশি।
তাপের মাত্রা, $[Q] = ML^2T^{-2}$	তাপমাত্রা বা উষ্ণতার মাত্রা, $[T] = \Theta$
তাপের একক জুল (J)।	তাপমাত্রার একক কেলভিন (K)।
তাপ পরিমাপক যন্ত্রের নাম ক্যালোরিমিটার।	তাপমাত্রা পরিমাপক যন্ত্রের নাম থার্মোমিটার।
তাপীয় প্রবাহ তাপের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না।	তাপমাত্রা দ্বারা তাপের প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত হয়।
দুইটি বস্তুর তাপ একই হলেও তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে।	দুইটি বস্তুর তাপমাত্রা একই হলেও তাপ ভিন্ন হতে পারে।
তাপ হচ্ছে তাপমাত্রার কারণ (Cause)।	তাপমাত্রা হচ্ছে তাপের ফল (Effect)।
তাপ বস্তুস্থিত মোট অন্তর্নিহিত শক্তির সামানুপাতিক।	তাপমাত্রা বস্তুস্থিত অণুগুলোর গড় গতিশক্তির সামানুপাতিক।

প্রশ্ন: তাপ ও তাপমাত্রা একই নয়— ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপ আন্তঃআণবিক গতির সাথে সম্পর্কিত একপ্রকার শক্তি যা গ্রহণ করলে বস্তু উত্তপ্ত হয়ে ওঠে এবং বর্জন করলে ঠাণ্ডা হয়ে যায়। আর তাপমাত্রা হচ্ছে বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে।

দুটি বস্তুর তাপ একই হলেও তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে। অনুরূপভাবে দুটি বস্তুর তাপমাত্রা একই হলেও তাপ ভিন্ন হতে পারে। উদাহরণস্বরূপ— অসমান ভরের পানিকে সমতাপে উত্তপ্ত করলে বেশি ভরের পাত্রের পানির তাপমাত্রা কম হয়। আবার একই তাপমাত্রার তামা ও লোহার দন্ডকে পরস্পরের তাপীয় সংস্পর্শে রাখলে তামা থেকে লোহা তাপ গ্রহণ করবে এবং তামা তাপ বর্জন করবে। সুতরাং বলা যায় যে, তাপ ও তাপমাত্রা একই নয়।

প্রশ্ন: দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও তাপমাত্রা কিংবা তাপমাত্রা সমান হলেও তাপ ভিন্ন হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপ একপ্রকার শক্তি যা গ্রহণ করলে বস্তু উত্তপ্ত হয়ে ওঠে এবং বর্জন করলে ঠাণ্ডা হয়ে যায়। আর তাপমাত্রা হচ্ছে বস্তুর তাপীয় অবস্থা যা ঐ বস্তু থেকে অন্য বস্তু থেকে অন্য বস্তুতে তাপ প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে। তাপ বস্তুর ভর, আপেক্ষিক তাপ এবং তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ তাপ কেবলমাত্র তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। পক্ষান্তরে তাপমাত্রা বস্তুর তাপের উপর নির্ভর করে না; বরং নির্ভর করে এদের তাপীয় অবস্থার উপর। একই উপাদানের ভিন্ন আকারের দুটি বস্তুকে সমতাপে উত্তপ্ত করে পরস্পরের তাপীয় সংস্পর্শে আনলে ক্ষুদ্রতর বস্তুটির তাপমাত্রা বেশি হবে। সুতরাং বলা যায়, বস্তুর তাপ সমান হলেও তাপমাত্রা কিংবা তাপমাত্রা সমান হলেও তাপ ভিন্ন হতে পারে।

তাপমাত্রামিতিক বা তাপমিতিক ধর্ম বা উষ্ণতামিতিক ধর্ম: তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে পদার্থের যে ধর্মের নিয়মিত পরিবর্তন হয়, তাকে তাপমাত্রামিতিক বা তাপমিতিক ধর্ম বা উষ্ণতামিতিক ধর্ম বলে। যেমন— দৈর্ঘ্য, আয়তন, চাপ, রোধ, উজ্জ্বলতা, পারদস্তম্ভ ইত্যাদি।

পদার্থের তাপমাত্রামিতিক ধর্মকে ব্যবহার করে তাপমাত্রা পরিমাপ করা হয়।

তাপমাত্রামিতিক বা তাপমিতিক পদার্থ বা উষ্ণতামিতিক পদার্থ: যে সকল পদার্থের তাপমাত্রা পরিবর্তনের সাথে তাপমাত্রিক ধর্মের নিয়মিত পরিবর্তন হয়, তাদেরকে তাপমাত্রামিতিক বা তাপমিতিক পদার্থ বা উষ্ণতামিতিক পদার্থ বলে। যেমন— পারদ, অ্যালকোহল, সকল ধাতব পদার্থ, কৃষ্ণবস্তু ইত্যাদি।

ত্রৈধ বিন্দু (Triple point): নির্দিষ্ট চাপে যে তাপমাত্রা কোনো পদার্থ একইসাথে বাষ্পীয়, তরল এবং কঠিন অবস্থায় সহাবস্থান করতে পারে তাকে ওই বস্তুর ত্রৈধ বিন্দু (Triple point) বলে।

পানির ত্রৈধ বিন্দু: যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও চাপে পানি কঠিন (বরফ), তরল (পানি) ও বায়বীয় (জলীয়বাষ্প) রূপে সহাবস্থান করতে পারে তাকে পানির ত্রৈধ বিন্দু বলে। 0.0060373 atm বা 4.58 mm Hg চাপে পানির ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রা 0°C বা বা 32°F বা 273.16 K।

নির্দিষ্ট চাপে বিভিন্ন পদার্থের ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রা

পদার্থের নাম	ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রা (K)	ত্রৈধবিন্দুর চাপ (atm)
পানি	273.16	0.0060373
গ্রাফাইট	4765	100
প্লাটিনাম	2045	2×10^{-6}
আর্সেনিক	1090	35.81
জিংক	692.65	0.00064
আয়োডিন	386.65	0.1191
পারদ	234.3156	1.63×10^{-9}
কার্বনডাই-অক্সাইড	216.55	5.10
অক্সিজেন	54.3584	0.0014434
নাইট্রোজেন	63.18	0.124

তাপমাত্রা পরিমাপের মূলনীতি

তাপমাত্রা পরিমাপের মূলনীতি দুটি। যথা—
1. এক স্থির বিন্দু পদ্ধতি
2. দ্বি স্থির বিন্দু পদ্ধতি

এক স্থির বিন্দু পদ্ধতি: একটি তাপমাত্রাকে আদর্শ বিবেচনা করে তাপমাত্রার যে পরিমাপ করা হয় তাকে এক স্থির বিন্দু পদ্ধতি বলে।

এক স্থির বিন্দু পদ্ধতিতে তাপমাত্রার পরিমাপ

এই পদ্ধতিতে পানির ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রাকে (273.16 K) স্থির বিন্দু ধরা হয়। এক স্থির বিন্দু পদ্ধতি অনুসারে কেলভিন বা তাপমাত্রার পরম স্কেলে পরিমাপকৃত তাপমাত্রা T হলে,

$$T = \left(\frac{X}{X_{TP}} \times 273.16\right)$$

এখানে—

- X_{TP} = ত্রৈধবিন্দুতে পদার্থের তাপমিতিক ধর্ম।
- X = T কেলভিন তাপমাত্রায় পদার্থের তাপমিতিক ধর্ম।

দ্বি স্থির বিন্দু পদ্ধতি: দুইটি তাপমাত্রাকে আদর্শ বিবেচনা করে তাপমাত্রার যে পরিমাপ করা হয় তাকে দ্বি স্থির বিন্দু পদ্ধতি বলে। এ পদ্ধতিতে স্থির বিন্দুদ্বয় কে স্থিরাঙ্ক নামে অভিহিত করা হয়।

স্থিরাঙ্ক (Fixed point): তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য বিভিন্ন স্কেলের দুটি বিন্দু স্থির ধরে নেয়া হয়। এদেরকে স্থিরাঙ্ক বলে। তাপমাত্রা পরিমাপক স্কেলের স্থিরাঙ্ক দুটি। যথা—

1. ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক (Upper fixed point) বা স্ফুটনাঙ্ক বা স্টিমবিন্দু বা Boiling point.
2. নিম্নস্থিরাঙ্ক (Lower fixed point) বা বরফবিন্দু বা Ice point বা Freezing point.

ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক (Upper fixed point) বা স্ফুটনাঙ্ক বা স্টিমবিন্দু বা Boiling point: যে তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ পানি ফুটতে শুরু করে সেই তাপমাত্রাকে ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক (Upper fixed point) বা স্ফুটনাঙ্ক বা স্টিমবিন্দু বা Boiling point বলে। ইহাকে θ_{steam} বা T_{steam} দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

নিম্নস্থিরাঙ্ক (Lower fixed point) বা বরফবিন্দু বা Ice point বা Freezing point: যে তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ গলতে শুরু করে অথবা বিশুদ্ধ পানি জমে বরফ হতে শুরু করে সেই তাপমাত্রাকে নিম্নস্থিরাঙ্ক (Lower fixed point) বা বরফবিন্দু বা Ice point বা Freezing point বলে। ইহাকে θ_{ice} বা T_{ice} দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

তাপমাত্রা পরিমাপক স্কেলের মৌলিক ব্যবধান: কোনো তাপমাত্রা পরিমাপক স্কেলের ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক ও নিম্নস্থিরাঙ্কের পার্থক্যকে ঐ তাপমাত্রা পরিমাপক স্কেলের মৌলিক ব্যবধান বলে। ইহাকে n দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ—

$$n = \theta_{steam} - \theta_{ice}$$

তাপমান যন্ত্র বা থার্মোমিটার (Thermometer): যে যন্ত্র দ্বারা বস্তুর তাপমাত্রা নির্ভুলভাবে পরিমাপ করা যায় তাকে তাপমান যন্ত্র বা থার্মোমিটার (Thermometer) বলে।

থার্মোমিটার বিভিন্ন প্রকারের হয়। যথা—

- পারদ থার্মোমিটার
- অ্যালকোহল থার্মোমিটার
- বেকম্যান ডিফারেন্সিয়াল থার্মোমিটার
- দ্বি-ধাতব যান্ত্রিক থার্মোমিটার
- কুলম্ব আবদ্ধকরণ থার্মোমিটার
- গ্যালিলিও থার্মোমিটার
- প্লাটিনাম রোধ থার্মোমিটার, ইত্যাদি।

♦ অবলাল থার্মোমিটার
♦ লিকুইড ক্রিষ্টাল থার্মোমিটার
♦ চিকিৎসা বা ডাক্তারী থার্মোমিটার
♦ রোধ থার্মোমিটার
♦ থার্মিস্টার
♦ তাপ যুগল (থার্মোকাপল) থার্মোমিটার

তাপমাত্রার আন্তর্জাতিক স্কেল: আন্তর্জাতিক ওজন ও পরিমাপ ব্যুরো (Bureau international des poids et mesures সংক্ষেপে BIPM) থেকে তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য কেলভিন স্কেলের অনুরূপে একটি ব্যবহারিক স্কেল প্রদান করা হয়। এই স্কেলকে তাপমাত্রার আন্তর্জাতিক স্কেল বলে।

তাপমাত্রার আন্তর্জাতিক স্কেলের শর্তাবলী

- তাপমাত্রার স্কেলের নাম হবে কেলভিন (Kelvin)।
- তাপমাত্রার একক হবে কেলভিন (K)।
- 1000 K পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য প্লাটিনাম রোধ থার্মোমিটার ব্যবহৃত হবে।
- 1000 K থেকে 1400 K পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য তাপ যুগল থার্মোমিটার (থার্মোকাপল) ব্যবহৃত হবে।
- 1400 K এর ঊর্ধ্বে তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য পাইরোমিটার ব্যবহৃত হবে।

প্লাটিনাম রোধ থার্মোমিটার: তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে ধাতব পদার্থের বৈদ্যুতিক রোধ বেড়ে যায়। প্লাটিনামের এ ধর্মকে কাজে লাগিয়ে প্লাটিনাম রোধ থার্মোমিটার তৈরী করা হয়। ১৮৭১ সালে বিজ্ঞানী সিমেন প্লাটিনাম রোধ থার্মোমিটার তৈরী করেন।

তাপ যুগল থার্মোমিটার (থার্মোকাপল): দুটি ভিন্ন বিশুদ্ধ ধাতু বা সংকর ধাতুর তৈরি তারের দুই প্রান্তে যুক্ত করে একটি বদ্ধ বর্তনী তৈরি করে সংযোগস্থল দুটির একটিকে নিম্ন স্থির তাপমাত্রায় এবং অপরটি অজানা তাপমাত্রার বস্তুতে রাখলে বর্তনীতে ক্ষীণ তাপীয় তড়িৎচালক বলের সৃষ্টি হয় এবং বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চলে। এরূপ একজোড়া সংযোগকে থার্মোকাপল বা তাপযুগল বলে। তাপীয় তড়িৎচালক শক্তি থ্যামোকাপলের সংযোগদ্বয়ের তাপমাত্রার পার্থক্যের উপর নির্ভর করে। এ নীতি ব্যবহার করে যে থার্মোমিটার তৈরী করা হয় তাকে তাপ যুগল থার্মোমিটার (থার্মোকাপল) বলে।

পাইরোমিটার: যে মিটার দ্বারা কোন প্রকার স্পর্শ ছাড়া কোন বস্তুর তাপমাত্রা পরিমাপ করা হয় তাকে পাইরোমিটার বলে। পাইরোমিটারের সাহায্যে উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপ করা হয়।

পাইরোমিটারের প্রকারভেদ

পাইরোমিটার দুই প্রকারের হয়। যথা—
1. পূর্ণ বিকিরণ পাইরোমিটার।
2. আলোক পাইরোমিটার।

পূর্ণ বিকিরণ পাইরোমিটার: যে পাইরোমিটারের সাহায্যে কোন বস্তু কর্তৃক বিকীর্ণ তাপের পরিমাপ করে স্টিফেন এর সূত্র প্রয়োগ করে তাপমাত্রা নির্ণয় করা হয় তাকে পূর্ণ বিকিরণ পাইরোমিটার বলে।

আলোক পাইরোমিটার: কোন বস্তুকে খুব উত্তপ্ত করলে এটি আলো বিচ্ছুরণ করে এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে এর ঔজ্জ্বল্য বাড়ে। বস্তুর ঔজ্জ্বল্যে উপর ভিত্তি করে যে পাইরোমিটার দিয়ে তাপমাত্রা নির্ণয় করা, তাকে আলোক পাইরোমিটার বলা হয়।

পারদ থার্মোমিটার: পারদ একটি উজ্জ্বল ধাতব তরল পদার্থ। তাপ প্রয়োগে তাপমাত্রার পরিবর্তনের সাথে সাথে পারদের আয়তন সুষমভাবে বৃদ্ধি পায়। পারদের এই তাপমাত্রিক ধর্মকে ব্যবহার করে যে থার্মোমিটার তৈরী করা হয় তাকে পারদ থার্মোমিটার বলে।

থার্মোমিটারের বিভিন্ন স্কেল

তাপমাত্রা পরিমাপের জন্য বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন স্কেল উদ্ভাবন করেছেন। এদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হলো—

স্কেলের নাম	নিম্নস্থিরাঙ্ক	ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক	একক
কেলভিন স্কেল	273.15	373.15	K
সেলসিয়াস স্কেল	0°	100°	°C
ফারেনহাইট স্কেল	32°	212°	°F
র‍্যাংকিন স্কেল	492°	672°	°R বা °Ra
ডেলিসেল স্কেল	150°	0°	°D বা °De
নিউটন স্কেল	0°	33°	°N
রিউমার স্কেল	0°	80°	°Ré
রোমার স্কেল	7.5°	80°	°Rø
আগ্রহী শিক্ষার্থীদের জন্য তাপমাত্রার 73 টি স্কেল এবং অনলাইনে এদের পারস্পরিক রূপান্তরের জন্য QR কোড সংযুক্ত করা হলো।			

দ্বি স্থির বিন্দু পদ্ধতিতে তাপমাত্রার পরিমাপ

তাপমাত্রামিতিক ধর্ম হিসেবে পদার্থের যেসব ধর্মকে ব্যবহার করা হয় যা তাপমাত্রার সাথে সুষমভাবে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ তাপমাত্রার পরিবর্তন পদার্থের তাপমাত্রামিতিক ধর্মের সামানুপাতিক।

সুতরাং নিম্নস্থিরাঙ্ক θ_{ice} এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক θ_{steam} তাপমাত্রায় কোনো পদার্থের তাপমাত্রামিতিক ধর্ম যথাক্রমে X_{ice} ও X_{steam} হলে—

$$(\theta_{steam} - \theta_{ice}) \propto (X_{steam} - X_{ice})$$

বা, $(\theta_{steam} - \theta_{ice}) = \text{ধ্রুবক} \times (X_{steam} - X_{ice})$

বা, $(\theta_{steam} - \theta_{ice}) / (X_{steam} - X_{ice}) = \text{ধ্রুবক}$ ________(i)

অনুরূপভাবে, পরিমাপযোগ্য যেকোনো θ তাপমাত্রায় পদার্থের তাপমাত্রামিতিক ধর্ম X হলে—

$(\theta - \theta_{ice}) / (X - X_{ice}) = \text{ধ্রুবক}$ ____________(ii)

সমীকরণ (i) ও (ii) হতে পাই—

$$\frac{\theta - \theta_{ice}}{\theta_{steam} - \theta_{ice}} = \frac{X - X_{ice}}{X_{steam} - X_{ice}}$$

ইহাই দ্বি স্থির বিন্দু পদ্ধতিতে তাপমাত্রা পরিমাপের মূলনীতি।

থার্মোমিটারের বিভিন্ন স্কেলের সম্পর্ক: দ্বি স্থির বিন্দু পদ্ধতির মূলনীতি হতে পাই প্রতিটি স্কেলের ক্ষেত্রে, (ঐ স্কেলের নির্দিষ্ট তাপমাত্রা – নিম্ন স্থিরাঙ্ক) এবং (ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক – নিম্ন স্থিরাঙ্ক) এর অনুপাত পরষ্পর সমান হবে। এ সম্পর্কটি প্রচলিত ও ত্রুটিপূর্ণ সকল স্কেলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হবে।

প্রশ্ন: সেলসিয়াস, ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলের সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা করো।

প্রশ্ন: কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 30°C একে ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে প্রকাশ করো।

প্রশ্ন: কোন তাপমাত্রায় সেলসিয়াস ও ফারেনহাইট স্কেল একই পাঠ দিবে?

প্রশ্ন: কোন তাপমাত্রায় ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেল একই পাঠ দিবে?

প্রশ্ন: সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের পাঠ কখনো সমান হয় না কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রা যথাক্রমে K ও C হলে, স্কেলদ্বয়ের সম্পর্ক হতে পাই—

$C = K - 237.15$

বা, $K = C + 273.15$

বা, $K - C = 273.15 > 0$

বা, $K - C > 0$

যেহেতু কেলভিন ও সেলসিয়াস স্কেলের পাঠের পার্থক্য সর্বদাই অশুন্য। তাই সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের পাঠ কখনো সমান হয় না। কেলভিন স্কেলের পাঠ সর্বদাই সেলসিয়াস স্কেলের থেকে বেশি হবে।

প্রশ্ন: তাপমাত্রা পার্থক্যের ক্ষেত্রে সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেল একই পাঠ দেয়। ব্যাখ্যা করো।

প্রশ্ন: ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারের তাপমাত্রা নির্ণয়ের রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটারের নিম্ন স্থিরাঙ্ক 4°C এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 98°C। ওই থার্মোমিটার 51°C পাঠ দিলে ফারেনহাইট ও কেলভিন স্কেলে পাঠ কত হবে?

প্রশ্ন: একটি ক্রটিপূর্ণ থার্মোমিটার বরফ গলনে 5°C এবং পানির স্ফুটনাঙ্কে 51°C পাঠ দেয়। কোনো তাপমাত্রায় উক্ত থার্মোমিটারের পাঠ 98°C হলে; প্রকৃত তাপমাত্রা কত?

প্রশ্ন: একটি ক্রটিপূর্ণ থার্মোমিটারের স্বাভাবিক বায়ুচাপে গলিত বরফে 5°C এবং শুষ্ক বাষ্পে 99°C পাঠ দেয়। থার্মোমিটার টি 52°C পাঠ দিলে প্রকৃত উষ্ণতা কত?

প্রশ্ন: সেলসিয়াস বা সেন্টিগ্রেড স্কেল কাকে বলে?
উত্তর: তাপমাত্রা পরিমাপের যে স্কেলে থার্মোমিটারের নিম্ন স্থিরাংক 0°C এবং উর্ধ্ব স্থিরাংক 100°C এবং মধ্যবর্তী মৌলিক ব্যবধানকে একশত ভাগ করা হয় তাকে সেলসিয়াস স্কেল বলে। এই স্কেলে দুই স্থির বিন্দু পদ্ধতিতে তাপমাত্রা পরিমাপ করা হয়।

প্রশ্ন: ফারেনহাইট স্কেল কাকে বলে?
উত্তর: তাপমাত্রা পরিমাপের যে স্কেলে থার্মোমিটারের নিম্ন স্থিরাংক 32°F এবং উধ্ব স্থিরাংক 212°F এবং মধ্যবর্তী মৌলিক ব্যবধানকে একশত আশি ভাগ করা হয় তাকে ফারেনহাইট স্কেল বলে। এই স্কেলে দুই স্থির বিন্দু পদ্ধতিতে তাপমাত্রা পরিমাপ করা হয়।

প্রশ্ন: তাপমাত্রার পরম স্কেল বা পরম সেলসিয়াস স্কেল বা কেলভিন স্কেল কাকে বলে?
উত্তর: তাপমাত্রার যে স্কেল পদার্থের ভৌত গুণাবলীর উপর নির্ভরশীল নয়, তাকে তাপমাত্রার পরম স্কেল বা কেলভিন স্কেল বলে। এটি সেলসিয়াস স্কেলের অনুকরণে গঠিত হওয়ায় একে পরম সেলসিয়াস স্কেল নামেও অভিহিত করা হয়।
অথবা,
তাপমাত্রা পরিমাপের যে স্কেলে থার্মোমিটারের নিম্ন স্থিরাংক –273°C এবং উর্ধ্ব স্থিরাংক 373°C এবং মধ্যবর্তী মৌলিক ব্যবধানকে একশত ভাগ করা হয় তাকে কেলভিন স্কেল বলে। এই স্কেলকে তাপমাত্রার পরম স্কেল বা তাপগতীয় স্কেল বলা হয়। স্কেলটির নিম্নস্থিরাঙ্ক পরম শূন্য তাপমাত্রার সমান।
অথবা,
–273°C অর্থাৎ পরমশূন্য তাপমাত্রাকে শূন্য ধরে তারপর প্রতি ডিগ্রীকে এক ডিগ্রী সেলসিয়াসের সমান করে বিজ্ঞানী লর্ড কেলভিন তাপমাত্রার যে নতুন স্কেল প্রণয়ন করেন তাকে তাপমাত্রার পরম স্কেল বা পরম সেলসিয়াস স্কেল বা কেলভিন স্কেল বলে। অর্থাৎ সেলসিয়াস স্কেলের অনুকরণে যে পরম স্কেল গঠন করা হয় তাকে পরম সেলসিয়াস স্কেল বা কেলভিন স্কেল বলে।

পূর্বে পরম স্কেলে তাপমাত্রার একক °A (Degree Absolute) ব্যবহৃত হলেও পরবর্তীতে °K (Degree Kelvin) এবং বর্তমানে শুধু K (Kelvin) ব্যবহৃত হয়। কেলভিন স্কেলে এক স্থির বিন্দু এবং দুই স্থির বিন্দু উভয় পদ্ধতিতে তাপমাত্রা পরিমাপ করা হয়।

প্রশ্ন: পরম ফারেনহাইট স্কেল বা র‍্যাংকিন (Rankin) স্কেল কাকে বলে?
উত্তর: ফারেনহাইট স্কেলের অনুকরণে যে পরম স্কেল গঠন করা হয় তাকে পরম ফারেনহাইট স্কেল বা র‍্যাংকিন (Rankin) স্কেল বলে।

প্রশ্ন: 1°C কাকে বলে?
উত্তর: সেলসিয়াস স্কেলের বরফ গলনের বিন্দু ও পানির স্ফুটনাঙ্কের 100 ভাগের এক ভাগকে 1°C বলে।

প্রশ্ন: 1°F কাকে বলে?
উত্তর: ফারেনহাইট স্কেলের বরফ গলনের বিন্দু ও পানির স্ফুটনাঙ্কের 180 ভাগের এক ভাগকে 1°F বলে।

প্রশ্ন: 1 K বলতে কি বুঝ?
উত্তর: পানির ত্রৈধ বিন্দুর 1/273.16 ভাগকে 1 K বলে।

পদার্থের তাপীয় প্রসারণ বা সংকোচন

কোনো পদার্থে তাপ প্রয়োগে যেমন এর প্রসারণ ঘটে তেমনি তাপ নিষ্কাশনের ফলে সংকোচন ঘটে। তাই তাপীয় প্রসারণের সমীকরণ গুলোতে নির্দিষ্ট ঋণ চিহ্ন তাপ নিষ্কাশন বা তাপীয় সংকোচন বুঝায়।

কঠিন পদার্থের প্রসারণ

সংজ্ঞা: তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন বরাবর যে প্রসারণ ঘটে তাকে কঠিন পদার্থের প্রসারণ বলে।

কঠিন পদার্থের প্রসারণের প্রকারভেদ

কঠিন পদার্থের প্রসারণ তিনভাবে হয়ে থাকে। যথা—

1. দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা একমাত্রিক প্রসারণ
2. ক্ষেত্র প্রসারণ বা তলীয় প্রসারণ বা দ্বিমাত্রিক প্রসারণ
3. আয়তন প্রসারণ বা ত্রিমাত্রিক প্রসারণ

দৈর্ঘ্য প্রসারণ: তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য বরাবর যে প্রসারণ ঘটে তাকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ বলে। ইহাকে ΔL দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহা যেহেতু দৈর্ঘ্যের প্রসারণ তাই M.K.S পদ্ধতিতে এর একক m।

প্রশ্ন: দৈর্ঘ্য প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কাকে বলে? লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11.6\times10^{-6}\ K^{-1}$ বলতে কি বুঝ?

প্রশ্ন: রেললাইনের দুটি রেলের সংযোগস্থল ফাঁকা থাকে কেনো?
উত্তর: রেললাইনের দুটি রেলের সংযোগস্থলে ফাঁকা থাকে কারণ সূর্যের তাপে কিংবা যখন ট্রেন চলে তখন চাকার ঘর্ষণের ফলে উৎপন্ন তাপে রেললাইন প্রসারিত হয়। রেললাইনের দুটি রেলের সংযোগস্থলে তাই ফাঁক রাখা হয় যাতে, রেললাইন প্রসারণের জন্য যথেষ্ট জায়গা পায়। এরূপ ফাঁক না রাখলে এই প্রসারণের ফলে রেললাইন বেঁকে গিয়ে মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

ক্ষেত্র প্রসারণ: তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রফল অর্থাৎ দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ বরাবর যে প্রসারণ ঘটে তাকে ক্ষেত্র প্রসারণ বলে। ইহাকে ΔA দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহা যেহেতু ক্ষেত্রফলের প্রসারণ তাই M.K.S পদ্ধতিতে এর একক m^2।

প্রশ্ন: ক্ষেত্র প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ কাকে বলে? তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $33.4\times10^{-6}\ K^{-1}$ বলতে কি বুঝ?

আয়তন প্রসারণ: তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের আয়তন বরাবর যে প্রসারণ ঘটে তাকে আয়তন প্রসারণ বলে। ইহাকে ΔV দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহা যেহেতু আয়তনের প্রসারণ তাই M.K.S পদ্ধতিতে এর একক m^3।

প্রশ্ন: আয়তন প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: আয়তন প্রসারণ সহগ কাকে বলে? অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ $47.6\times10^{-6}\ K^{-1}$ বলতে কি বুঝ?

প্রশ্ন: কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ সহগের সম্পর্ক নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: 20°C তাপমাত্রায় একটি লোহার দৈর্ঘ্য 30 m। 60°C তাপমাত্রায় এর দৈর্ঘ্য কতটুকু প্রসারিত হবে?

প্রশ্ন: 20 K তাপমাত্রায় একটি লোহার পাতের ক্ষেত্রফল যা ছিলো 60 K তাপমাত্রায় 50 m^2 হয়। লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $11.6\times10^{-6}\ K^{-1}$ হলে এর আদি ক্ষেত্রফল কত?

প্রশ্ন: 30 K ও 50 K তাপমাত্রায় একটি লোহার দন্ডের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 30 m ও 40 m হলে, এর দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ সহগের অনুপাত নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: সোনার ঘনত্ব 19.30 gm/cc। এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ $14\times10^{-6}\ °C^{-1}$। এর তাপমাত্রা 100°C বাড়ালে ঘনত্ব কত হবে?

প্রশ্ন: তাপ প্রয়োগের ফলে কঠিন পদার্থের প্রসারণ ঘটে কেনো?
উত্তর: তাপ প্রয়োগে কঠিন বস্তু উত্তপ্ত হয় এবং বস্তুটির প্রত্যেক অণুর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। ফলে অণুগুলো স্পন্দিত হতে থাকে এবং এক সময় সাম্যাবস্থা থেকে সরে যাওয়ার টান অনুভব করে। দুই অণুর মধ্যে দূরত্ব সাম্যাবস্থার তুলনায় যদি কমে যায় তাহলে বিকর্ষণ বল দ্রুত বৃদ্ধি পায়। কিন্তু এদের দূরত্ব সাম্যাবস্থার তুলনায় বৃদ্ধি পেলে আকর্ষণ বল তত দ্রুত বৃদ্ধি পায় না। তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে জমাট বস্তুর মধ্যে অণুগুলো যখন ছুটাছুটি করে তখন একই শক্তি নিয়ে ভিতর দিকে যতটা সরে আসতে পারে, বাইরের দিকে তার চেয়ে বেশি সরে যেতে পারে। এর ফলে প্রত্যেক অণুর গড় সাম্যাবস্থান বাইরের দিকে সরে যায় এবং বস্তুটি তাপে প্রসারণ লাভ করে।

তরল পদার্থের প্রসারণ

সংজ্ঞা: তাপ প্রয়োগে তরল পদার্থের আয়তনের প্রসারণকে তরল পদার্থের প্রসারণ বলে।

তরল পদার্থের প্রসারণের প্রকারভেদ

তরল পদার্থের প্রসারণ দুই প্রকার। যথা—

1. আপাত প্রসারণ
2. প্রকৃত প্রসারণ

আপাত প্রসারণ: পাত্রের প্রসারণ বিবেচনা না করে তরলের আয়তনের যে প্রসারণ পাওয়া যায়, তাকে তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ বলে। ইহাকে V_a বা ΔV_a দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহা যেহেতু আয়তনের প্রসারণ তাই M.K.S পদ্ধতিতে এর একক m^3।

প্রকৃত প্রসারণ: তরল পদার্থকে পাত্রে রেখে উত্তপ্ত করা হয় বলে, পাত্রের প্রসারণ বিবেচনা করে তরলের আয়তনের যে প্রসারণ পাওয়া যায়, তাকে তরল পদার্থের আপাত প্রসারণ বলে। অর্থাৎ তরল পদার্থকে পাত্রে না রেখে উত্তপ্ত করা সম্ভব হলে তরলের আয়তনের যে প্রসারণ পাওয়া যেতো, তাকে তরলের প্রকৃত প্রসারণ বলে। ইহাকে V_L বা V_r বা ΔV_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ইহা যেহেতু আয়তনের প্রসারণ তাই M.K.S পদ্ধতিতে এর একক m^3।

প্রশ্ন: তরলের আপাত ও প্রকৃত প্রসারণে মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো। যেখানে পাত্রের প্রসারণ V_g বা V_B দ্বারা সূচিত হয়।

প্রশ্ন: তরলের আপাত প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: তরলের আপাত প্রসারণ সহগ কাকে বলে? পারদের আপাত প্রসারণ সহগ $14.66 \times 10^{-5}\ K^{-1}$ বলতে কি বুঝ?

প্রশ্ন: তরলের প্রকৃত প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: তরলের প্রকৃত প্রসারণ সহগ কাকে বলে? পারদের প্রকৃত প্রসারণ সহগ $18 \times 10^{-5}\ k^{-1}$ বলতে কি বুঝ?

প্রশ্ন: তরলের ক্ষেত্রে প্রকৃত ও আপাত এই দুই প্রকার প্রসারণের উল্লেখ করা হয় কেনো?
উত্তর: কোনো তরলকে তাপ দিতে হলে ঐ তরলকে কোনো পাত্রে বা আধারে রেখে তাপ দিতে হবে। তাপ প্রয়োগে প্রথমে পাত্রটির আয়তন বাড়ে এরপর তরলের তাপীয় প্রসারণ ঘটে। পাত্রের এই আয়তন প্রসারণ তরলের আয়তন প্রসারণ অপেক্ষা অনেক কম হওয়ায় আপাত দৃষ্টিতে তরলের প্রসারণই চোখে পড়ে। পাত্রের প্রসারণ উপেক্ষা করে তরলের যে আয়তন প্রসারণ পাওয়া যায় তাকে আপাত প্রসারণ বলে। আবার পাত্রের প্রসারণকে বিবেচনা করে তরলের যে আয়তন প্রসারণ পাওয়া যায় তাকে প্রকৃত প্রসারণ বলে। এজন্য তরলের ক্ষেত্রে প্রকৃত ও আপাত এই দুই প্রকার প্রসারণের উল্লেখ করা হয়।

প্রশ্ন: তরলের প্রসারণ সহগদ্বয়ের মধ্যে তথা আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ সহগের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো। যেখানে পাত্রের প্রসারণ সহগ γ_g বা γ_B দ্বারা সূচিত হয়।

প্রশ্ন: পানির ব্যতিক্রমী বা ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: সাধারণত কোনো তরলকে উত্তপ্ত করলে তার আয়তন বাড়ে এবং ঘনত্ব কমে। কিন্তু পানির ক্ষেত্রে তাপমাত্রার একটি নির্দিষ্ট পাল্লায় এই নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা যায়। কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ পানিকে 0°C থেকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে দেখা যায় 4°C তাপমাত্রা পর্যন্ত এর আয়তন না বেড়ে কমতে থাকে। এরপর তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে অন্যান্য তরলের মতো পানির আয়তন প্রসারণ ঘটে এবং ঘনত্ব কমে। অর্থাৎ 4°C তাপমাত্রায় পানির আয়তন সবচেয়ে কম এবং ঘনত্ব সর্বাধিক হয়। আবার কিছু পরিমান উত্তপ্ত পানিকে কে ধীরে ধীরে ঠান্ডা করলে দেখা যায় অন্যান্য তরলের মত 4° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় না পৌঁছানো পর্যন্ত তাপমাত্রা হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে পানির আয়তন কমছে। কিন্তু 4°C থেকে 0°C পর্যন্ত তাপমাত্রার পাল্লায় দেখা যায় যে তাপমাত্রা কমে গেলেও পারির আয়তন না কমে বেড়ে যাচ্ছে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে 0°C থেকে 4°C তাপমাত্রায় পানির আচরণ অন্যান্য তরল পদার্থের আচরণ থেকে ভিন্ন। 0°C থেকে 4°C তাপমাত্রার মধ্যে পানির এই ভিন্ন ধরনের প্রসারণকে পানির ব্যাতিক্রমী প্রসারণ বলা হয়। **সংক্ষেপে বলা যায়,** 0°C থেকে 4°C পর্যন্ত পানির প্রসারণ তরল পদার্থের প্রসারণের সাধারণ নিয়মানুসারে তাপ প্রয়োগে আয়তনের প্রসারণ না হয়ে বরং কমে। এ কারণে 0°C থেকে 4°C পর্যন্ত পানির আয়তন পরিবর্তনের এই ব্যতিক্রমকে তার ব্যতিক্রমী প্রসারণ বলে।

(স্থির চাপে) গ্যাসের আয়তন ও (স্থির আয়তনে) গ্যাসের চাপ প্রসারণ

গ্যাসের আয়তন প্রসারণ: স্থির চাপে তাপ প্রয়োগের ফলে গ্যাসের আয়তনের যে প্রসারণ ঘটে তাকে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ বলে।

প্রশ্ন: স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো এবং স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগের (γ_p বা β_p) সংজ্ঞা দাও।

প্রশ্ন: স্থির চাপে কোনো গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ 1/273 বা 0.00366 K^{-1} বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।

গ্যাসের চাপ প্রসারণ: স্থির আয়তনে তাপ প্রয়োগের ফলে গ্যাসের চাপের যে প্রসারণ ঘটে তাকে গ্যাসের চাপ প্রসারণ বলে।

প্রশ্ন: স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণের রাশিমালা নির্ণয় করো এবং স্থির আয়তনে গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগের (γ_v বা β_v) সংজ্ঞা দাও।

প্রশ্ন: স্থির আয়তনে কোনো গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগ 1/273 বা 0.00366 K^{-1} বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।

প্রশ্ন: তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক থাকলেও গ্যাসের ক্ষেত্রে নেই কেনো? ব্যাখ্যা করো।
অথবা, গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে আপাত ও প্রকৃত প্রসারণের মধ্যে কোনো পার্থক্য থাকে না কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তরলের ন্যায় গ্যাসীয় পদার্থকে কোনো না কোনো পাত্রে রেখে উত্তপ্ত করতে হয়। কিন্তু তাপমাত্রার এই পরিবর্তনের জন্য গ্যাসীয় পদার্থের তাপীয় প্রসারণ পাত্রের প্রসারণ অপেক্ষা অনেক বেশি হওয়ায়, পাত্রের প্রসারণকে উপেক্ষা করা যায়। তাই গ্যাসীয় পদার্থের তাপীয় প্রসারণের ক্ষেত্রে পাত্রের নগণ্য প্রসারণকে উপেক্ষা করলে আপাত ও প্রকৃত প্রসারণের মধ্যে কোনো পার্থক্য থাকে না। অর্থাৎ তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক থাকলেও গ্যাসের ক্ষেত্রে থাকে না।

আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাস

আদর্শ গ্যাস: যেসব গ্যাস সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র এবং আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, $PV = nRT$ সূত্র মেনে চলে তাদেরকে আদর্শ গ্যাস বলে।

বাস্তবে আদর্শ গ্যাসের কোনো অস্তিত্ব নেই। অর্থাৎ কোনো গ্যাসই বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র কিংবা $PV = nRT$ সূত্র মেনে চলে না। এটি একটি কাল্পনিক ঘটনা মাত্র।

বাস্তব গ্যাস: যে সকল গ্যাস যেকোনো চাপ ও তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ $PV = nRT$ সমীকরণকে সঠিকভাবে মেনে চলে না, তাদেরকে বাস্তব গ্যাস বলে। উচ্চ তাপমাত্রায় ও নিম্নচাপে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে।

আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের মধ্যে পার্থক্য

আদর্শ গ্যাস	বাস্তব গ্যাস
আদর্শ গ্যাস সকল উষ্ণতা ও চাপে $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে।	বাস্তব গ্যাস $PV = nRT$ সমীকরণ মেনে চলে না।
প্রকৃতিতে কোনো গ্যাস আদর্শ গ্যাস নয়।	প্রকৃতিতে সকল গ্যাসীয় পদার্থ বাস্তব গ্যাস।
আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ ক্রিয়া করে না।	বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুগুলোর মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ ক্রিয়া করে।
আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুগুলোর আয়তন পাত্রের তুলনায় নগণ্য হয়।	বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুগুলোর আয়তন পাত্রের তুলনায় নগণ্য হয় না।

কণার গতিতত্ত্ব (Kinetic Theory of Particles)

সংজ্ঞা: আন্তঃকণা আকর্ষণ শক্তি এবং কণাগুলোর গতিশক্তি দিয়ে পদার্থের কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থা ব্যাখ্যা করার তত্ত্বকেই কণার গতিতত্ত্ব বলা হয়।

কণার গতিতত্ত্বের সাহায্যে কঠিন, তরল ও বায়বীয় অবস্থার বিবরণ

- কঠিন অবস্থায় কণাগুলো খুব কাছাকাছি অবস্থান করে যার ফলে কণাগুলোর ভেতরকার আকর্ষণ শক্তি বেশি থাকে এবং নিজেদের অবস্থান থেকে নড়তে পারে না।
- যদি তাপ আরও বেশি দেওয়া হয় তাহলে কণাগুলো তাপশক্তি গ্রহণ করে কাঁপতে থাকে এবং আন্তঃআণবিক শক্তি কিছুটা কমে যায়। এই অবস্থাকে তরল অবস্থা বলে।
- যদি তরল অবস্থায় আরও বেশি তাপ দেওয়া হয়, তখন কণাগুলোর আন্তঃআণবিক শক্তি আরও কমে যায় এবং একটি কণা অপর একটি কণা থেকে অধিক দূরত্বে অবস্থান করে। একে বায়বীয় অবস্থা বলে।
- প্রচন্ড তাপ অথবা শক্তিশালী বিদ্যুৎ ক্ষেত্র প্রয়োগে গ্যাসের অণুগুলো আয়নিত হয়ে ধনাত্মক আয়ন ও ইলেকট্রনের একটি মিশ্রণ তৈরি করে, পদার্থের এই অবস্থাকে প্লাজমা বলে। প্লাজমার ধর্মের সাথে গ্যাসের কিছু সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্য রয়েছে। প্লাজমার সবচেয়ে বড় বিশেষত্ব হলো অণুগুলো এখানে আয়নিত অবস্থায় থাকে। তাই এরা তড়িৎ পরিবাহী। প্লাজমা তড়িৎ ও চৌম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করে এবং তাড়িৎচৌম্বক ক্ষেত্রে সবলভাবে প্রতিক্রিয়াশীল।

প্রশ্ন: গ্যাসের গতিতত্ত্বের বিবৃতি দাও।

উত্তর: গ্যাস অণুসমূহের মধ্যে সংশক্তি বল নেই। একারণে গ্যাসের শক্তি বলতে অণুসমূহের গতিশক্তিকেই বুঝায়। গ্যাসের অণুসমূহ সর্বদা গতিশীল। গ্যাসের অণুসমূহের এই গতিশক্তি তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে গ্যাসের অণুগুলোর গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়।

গ্যাসের গতিতত্ত্বের মূল স্বীকার্যসমূহ

বিভিন্ন ঘটনা বিশেষত ব্রাউনীয় গতি পর্যবেক্ষণ করে আমরা জানতে পারি যে, সকল গ্যাস কিছু অণুর সমষ্টি এবং এই অণুগুলি দ্রুত ও অবিন্যস্তভাবে সঞ্চরণশীল। গ্যাস অণুগুলির গতির ফলেই তাপের উদ্ভব ঘটে। এই তথ্য দুটি গ্যাসের গতীয় তত্ত্বের মূল ভিত্তি। গ্যাসের গতিতত্ব কয়েকটি স্বীকার্যের ওপর প্রতিষ্ঠিত। স্বীকার্যগুলি নিম্নরূপ—

1. সকল গ্যাসই অসংখ্য অণুর সমষ্টি। একই গ্যাসের সকল অণুগুলিই সব বিষয়ে একই রকমের। কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন গ্যাসের অণুগুলি ভিন্ন ভিন্ন ধরনের। গ্যাস অণুগুলি বিন্দু ভরের (point mass এর) মত। এদের আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় খুবই নগণ্য।

2. অণুগুলি সর্বদাই গতিশীল। এই গতি সম্পূর্ণ এলোমেলো, অর্থাৎ অণুগুলি সম্ভাব্য সকল দিকে ধাবমান এবং এদের বেগ শূন্য থেকে অসীমের মধ্যে যে কোনো মানের হতে পারে।

3. অণুগুলি দৃঢ় এবং আদর্শ স্থিতিস্থাপক গোলকের ন্যায় আচরণ করে। অণুগুলির পাত্রের দেয়ালের সঙ্গে এবং পরস্পরের সঙ্গে অনবরত যে সংঘর্ষ হয় সেগুলি পূর্ণ স্থিতিস্থাপক সংঘর্ষ। অতএব এধরনের সংঘর্ষে অণুগুলির গতিবেগ পরিবর্তিত হয়, কিন্তু গতিশক্তি ও রৈখিক ভরবেগ সংরক্ষিত থাকে।

4. চলাচলের সময় অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে এবং পাত্রের দেয়ালের গায়ে ধাক্কা খায়। প্রতিটি সংঘর্ষের পর অণুগুলির বেগের মান ও অভিমুখ উভয়ই পরিবর্তিত হয়। এইসব সংঘর্ষ ঘটলেও স্থিতাবস্থায় পাত্রের অভ্যন্তরে যেকোনো স্থানে একক আয়তনে অণুর সংখ্যা অর্থাৎ আণবিক ঘনত্ব অপরিবর্তিত থাকে। অণুগুলি পাত্রের দেয়ালের সঙ্গে কিংবা পরস্পরের সঙ্গে কোনো আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল অনুভব করে না। সুতরাং অণুগুলির কোনো স্থিতিশক্তি নেই, এদের সম্পূর্ণ শক্তিই গতিশক্তি।

5. কোনো অণু একটি সংঘর্ষ ঘটানোর পর তার পরের সংঘর্ষটি ঘটানোর আগে পর্যন্ত নিউটনের গতির প্রথম সূত্রানুসারে সমবেগে চলে।

6. যে সময় ধরে একটি সংঘর্ষ ঘটে তা মুক্তপথ অতিক্রম করার সময়ের তুলনায় অতি নগণ্য। অর্থাৎ সংঘর্ষগুলি মুহূর্তের মধ্যেই সংঘটিত হয় বা সংঘর্ষগুলি তাৎক্ষণিক।

সকল বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে উপরিউক্ত স্বীকার্যগুলি সব সময়ে খাটে না। যে গ্যাস উপরিউক্ত স্বীকার্যগুলি মেনে চলে তাকে আদর্শ গ্যাস (ideal বা perfect gas) বলা হয়। গ্যাসের গতীয় তত্ত্বে এই সূত্রগুলিকে কোনোভাবেই ব্যবহার করা হয় না। গতীয় তত্ত্বের বৈশিষ্ট্য হল, ওপরের স্বীকার্যগুলির মাধ্যমে সম্পূর্ণ তাত্ত্বিকভাবে গ্যাসের ধর্মগুলোর বিশ্লেষণ করা হয়, এবং গ্যাসের সূত্রগুলিকে তাত্ত্বিকভাবেই প্রতিষ্ঠা করা হয়। অবশেষে দেখা যায়, এই তাত্ত্বিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে পরীক্ষালব্ধ প্রতিটি সূত্রকেই নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা সম্ভব। এটিই গ্যাসের গতীয় তত্ত্বের সাফল্য।

তাপগতীয় স্থানাঙ্ক (thermodynamic co-ordinate): যে সকল রাশির মান কোনো ব্যবস্থার অবস্থা নির্ধারণ করে সেগুলিকে ঐ ব্যবস্থার তাপগতীয় স্থানাঙ্ক বলে। যেমন সিলিন্ডারে আবদ্ধ গ্যাস হলো একটি ব্যবস্থা এবং গ্যাসের অবস্থার বৈশিষ্ট্য নির্দেশ করে এর চাপ (P), আয়তন (V) ও পরম তাপমাত্রা (T)। তাই চাপ, আয়তন ও পরম তাপমাত্রাকে তাপগতীয় স্থানাঙ্ক বলে।

অভ্যন্তরীণ শক্তি (Internal Energy): কোনো একটি পদার্থ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি ধারণ করে। এই শক্তিকে অভ্যন্তরীণ শক্তি (Internal Energy) বলে।

প্রত্যেক বস্তুর মধ্যে এমন একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তি আছে যা কাজ সম্পাদন করে অন্য শক্তিতে রূপান্তরিত হতে পারে। বস্তুর মধ্যস্থ অণু-পরমাণুর গতিশক্তি এবং এদের মধ্যকার আন্তঃআণবিক বলের কারণে সৃষ্ট শক্তিই হচ্ছে অভ্যন্তরীণ শক্তি বলে। ভিন্নভাবে বলা যায় কোনো বস্তুর মধ্যে যে শক্তি লুকায়িত বা সুপ্ত অবস্থায় থাকে যা পরিবেশ পরিস্থিতিতে বহিঃপ্রকাশ ঘটায় তাকে অভ্যন্তরীণ শক্তি (Internal Energy) বলে।

অভ্যন্তরীণ শক্তি (Internal Energy) নিম্নোক্ত দুই ধরনের শক্তির যোগফল। যথা—
- তাপীয় শক্তি যা এলোমেলোভাবে (randomly) বিচরণশীল অণুগুলোর গতিশক্তি।
- আণবিক স্থিতিশক্তি (atomic potential energy)।

[বাস্তব গ্যাসের আণবিক স্থিতিশক্তি থাকলেও, গ্যাসের গতিতত্ত্বে আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল অস্বীকার করায় আণবিক স্থিতিশক্তি অগ্রাহ্য করা হয়েছে]

কোনো বস্তুর মোট অভ্যন্তরীণ শক্তি কোনোভাবেই পরিমাপ করা সম্ভব নয়। তবে তাপ প্রয়োগে বস্তুর অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন সঠিকভাবে পরিমাপ করা যায়। স্থির তাপে অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তন শূন্য হয় এবং কাজও শূন্য হয়। অভ্যন্তরীণ শক্তির পরিবর্তনকে dU বা ΔU দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আদর্শ গ্যাসের সূত্রাবলী

গ্যাসের তিনটি চলরাশি বিদ্যমান। যথা–
1. চাপ (P)
2. আয়তন (V)
3. তাপমাত্রা (T)

এদের যেকোনো একটি স্থির থাকলে অন্যদুটি পরিবর্তিত হওয়ার সময় নির্দিষ্ট সূত্র মেনে চলে।

তাই চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক সূচক তিনটি সূত্র আছে। এদেরকে **গ্যাসীয় সূত্র** বলে। সূত্রগুলোর প্রতিপাদ্য বিষয়গুলো নিম্নরূপ—

বয়েলের সূত্রের প্রতিপাদ্য বিষয়: এ সূত্রে তাপমাত্রা স্থির থাকলে আয়তন ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।

চার্লসের সূত্র বা আয়তনের সূত্রের প্রতিপাদ্য বিষয়: এ সূত্রে চাপ স্থির থাকলে আয়তন ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।

রেনোর সূত্র বা চাপীয় সূত্রের প্রতিপাদ্য বিষয়: এ সূত্রে আয়তন স্থির থাকলে চাপ ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশ করে।

বয়েলের সূত্র: 1662 খ্রিষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল স্থির উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ ও আয়তনের পারস্পরিক সম্পর্ক যুক্ত একটি ধর্মের অবতারণা করেন। এই সূত্রটিকে বয়েলের সূত্র বলে। সূত্রটি নিম্নরূপ—

সূত্র: "স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন গ্যাসটির চাপের সাথে ব্যাস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।"

প্রশ্ন: বয়েলের সূত্রের রাশিমালা নির্ণয় করো।

বয়েলের অনুসিদ্ধান্ত: "স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের ঘনত্ব ঐ গ্যাসের উপর প্রযুক্ত চাপের সমানুপাতিক।"

প্রশ্ন: গ্যাসের চাপের সাথে বা বয়েলের সূত্রের সাথে গ্যাসের ঘনত্বের সম্পর্ক প্রতিপাদন করো।
অথবা, বয়েলের সূত্র থেকে বয়েলের অনুসিদ্ধান্ত প্রতিপাদন করো।

চার্লসের সূত্র: 1787 সালে ফরাসি বিজ্ঞানী জাক আলেকসান্দ্রা সেজার চার্লস (Jacques Alexandre Cesar Charles) স্থির চাপে, কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে আয়তন প্রসারণের সম্পর্ক পরীক্ষা করে দেখেন। তিনি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, স্থির চাপে কোনো নির্দিষ্ট আয়তনের যেকোনো গ্যাস সমান উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সমপরিমাণে প্রসারিত হয়।

1802 সালে বিজ্ঞানী গে লুসাক (Gay Lussac) প্রায় একই সিদ্ধান্তে উপনীত হন। তিনি দেখান যে স্থির চাপে সকল গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক সমান। 1842 সালে বিজ্ঞানী আঁরি ভিক্টর রেনো (Henri Victor Regnault) পরীক্ষা করে দেখান যে, এই গুণাঙ্কের মান প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াসে 273। গে লুসাক ও রেনোর পরীক্ষালব্ধ ফলাফলের সমন্বয় ঘটিয়ে চার্লসের সূত্রটি প্রকাশ করা হয়। সূত্রটি নিম্নরূপ—

সূত্র: "স্থির চাপে, কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রি সেলসিয়াস উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য ওই গ্যাসের 0°C এর আয়তনের 1/273 অংশ বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।"

এখানে, নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $1/273 = 0.00366$ হচ্ছে স্থির চাপে সকল গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ। এটি নির্দেশ করে স্থির চাপে *0°C* তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস বৃদ্ধি বা হ্রাস করলে, ঐ গ্যাসের প্রতি একক আয়তনের কতটুকু বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটে। একে γ_p বা β_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রশ্ন: চার্লসের সূত্রের রাশিমালা নির্ণয় করো।

পরম শুন্য তাপমাত্রা ও চালর্সের অনুসিদ্ধান্ত

পরম শুন্য বা চরম শুন্য বা পরম তাপমাত্রা: যে তাপমাত্রায় আদর্শ গ্যাসের আয়তন শুন্য হয় অর্থাৎ যার নিচে কোনো তাপমাত্রা থাকা সম্ভব নয়, সেই সর্বনিম্ন কল্পনাযোগ্য তাপমাত্রা কে পরম শুন্য বা চরম শুন্য বা পরম তাপমাত্রা বলে।
অথবা,
কোনো গ্যাসকে –273°C তাপমাত্রা পর্যন্ত শীতল করা হলে, গ্যাসটির আয়তন ও চাপের মান তাত্ত্বিকভাবে শুন্য হয়ে যায়। এবং গ্যাসের অণুগুলোর গতিশক্তির মান শুন্য হয় তবে ওই বিশেষ তাপমাত্রাকে পরম শুন্য বা চরম শুন্য বা পরম তাপমাত্রা বলে। এর মান সেলসিয়াস স্কেলে –273°C এবং কেলভিন স্কেলে যা 0 K হয়।

প্রশ্ন: পরম শূন্য উষ্ণতাকে 'পরম' (Absolute) বলার কারণ ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: –273°C উষ্ণতায় গ্যাসের প্রকৃতি; পরিমাণ, প্রাথমিক চাপ বা কোনো বিশেষ ধর্মের ওপর নির্ভর করে না। –273°C অপেক্ষা কম উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন, চাপ ও গতিশক্তির মান ঋণাত্মক হয় যা বাস্তবে সম্ভব নয়। তাই –273°C বা পরম শূন্য উষ্ণতাই হল মহাবিশ্বে সর্বনিম্ন উষ্ণতার সর্বোচ্চ সীমা। তাই পরম শূন্য উষ্ণতাকে 'পরম' (Absolute) বলা হয়।

প্রশ্ন: পরমশূন্য উষ্ণতা কোনো গ্যাসের আয়তন বাস্তবে কি শূন্য হয়ে যায়?
উত্তর: –273°C উষ্ণতায় পৌঁছানোর আগে সব গ্যাস তরলে পরিবর্তন হয়ে যায়। তাই ওই উষ্ণতায় কোনো গ্যাসের আয়তন বাস্তবে শূন্য হয় না।

প্রশ্ন: চার্লসের সূত্র হতে পরম শুন্য তাপমাত্রার ধারণা পাওয়া যায়। গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

পরম তাপমাত্রা স্কেল বা তাপমাত্রার পরম স্কেল: পরম শুন্য (0) তাপমাত্রাকে নিম্ন স্থিরাঙ্ক ধরে তাপমাত্রার যে স্কেল গণনা করা হয়, যার এক ভাগ সেলসিয়াস স্কেলের একভাগের সমান। তাকে পরম তাপমাত্রা স্কেল বা তাপমাত্রার পরম স্কেল বলে।

লর্ড কেলভিনের নামানুসারে এই স্কেলকে কেলভিন স্কেল বলে। সাধারণত পরম তাপমাত্রা বা কেলভিন তাপমাত্রা কে T দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সেলসিয়াস স্কেলের তাপমাত্রা t হলে, সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের সম্পর্ক হতে পাই—

$$T = t + 273$$

চার্লসের অনুসিদ্ধান্ত: "স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন কেলভিন বা পরম তাপমাত্রার সামানুপাতিক।"

প্রশ্ন: গ্যাসের আয়তনের সাথে বা চার্লসের সূত্রের সাথে পরম তাপমাত্রার সম্পর্ক প্রতিপাদন করো।
অথবা, চালর্সের সূত্র থেকে চার্লসের অনুসিদ্ধান্ত প্রতিপাদন করো।

প্রশ্ন: পরম তাপমাত্রার সাথে স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগের সম্পর্ক স্থাপন করো।

প্রশ্ন: আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েল ও চালর্সের সমন্বিত সূত্রটি প্রতিপাদন করো।

রেনোর সূত্র বা চাপীয় সূত্র: বিজ্ঞানী রেনো ১৮৪২ সালে চাপীয় সূত্র আবিষ্কার করেন। সূত্রটি নিম্নরূপ—

সূত্র: "স্থির আয়তনে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ 0°C থেকে প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য এর 0°C তাপমাত্রার চাপের 1/ 273 অংশ বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।"

এখানে, নির্দিষ্ট ভগ্নাংশ $1/273 = 0.00366$ হচ্ছে স্থির আয়তনে সকল গ্যাসের চাপ প্রসারণ সহগ। এটি নির্দেশ করে স্থির আয়তনে 0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের তাপমাত্রা প্রতি ডিগ্রী সেলসিয়াস বৃদ্ধি বা হ্রাস করলে, ঐ গ্যাসের প্রতি একক চাপের কতটুকু বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটে। একে γ_v বা β_v দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রশ্ন: চাপীয় সুত্রের রাশিমালা নির্ণয় করো।

রেনোর অনুসিদ্ধান্ত: "স্থির আয়তনে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ কেলভিন বা পরম তাপমাত্রার সামানুপাতিক।"

প্রশ্ন: গ্যাসের চাপের সাথে বা রেনোর সুত্রের সাথে পরম তাপমাত্রার সম্পর্ক প্রতিপাদন করো।
অথবা, রেনোর সূত্র থেকে রেনোর অনুসিদ্ধান্ত প্রতিপাদন করো।

প্রশ্ন: গ্যাসীয় পদার্থের প্রসারণ সহগদ্বয় তথা স্থির চাপে আয়তন প্রসারণ সহগ এবং স্থির আয়তনে চাপ প্রসারণ সহগ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে— চার্লস ও রেনোর সুত্রে প্রাথমিক আয়তন এবং চাপ 0°C তথা 273 K নিতে হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।

অ্যাভোগাড্রোর সূত্র: ১৮১১ সালে ইতালীয় পদার্থবিজ্ঞানী আমেদেও অ্যাভোগাড্রো গ্যাসের স্থির তাপমাত্রা ও চাপে আয়তন ও অণুর সম্পর্কীয় একটি সূত্রের প্রস্তাব করেন। তার নামানুসারে সুত্রটিকে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প বা সূত্র নামে অভিহিত করা হয়। সূত্রটি নিম্নরূপ—

সূত্র: "স্থির তাপমাত্রা ও চাপে একই আয়তনের মৌলিক ও যৌগিক সকল গ্যাসেই সমান সংখ্যক অণু থাকে।"

অর্থাৎ তাপমাত্রা ও চাপ যদি অপরিবর্তিত থাকে তবে যেকোনো গ্যাসের একই আয়তনে সমান সংখ্যক অণু বা পরমাণু বা আয়ন বা কণা থাকে।

এই সূত্র বা প্রকল্পটিকে অন্যভাবে বলা যায়, "স্থির তাপমাত্রা ও চাপে যে কোনো গ্যাসের (মৌলিক ও যৌগিক) সমান সংখ্যক অণু সমান আয়তন দখল করে।

এ সূত্র থেকে পরীক্ষা দ্বারা সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, স্থির তাপমাত্রায় ও চাপে সকল গ্যাসেরই মোলার আয়তন সমান। প্রমাণ তাপমাত্রায় ও চাপে তার পরিমাণ হচ্ছে 22.4 Litter এবং এই আয়তনে 6.023×10^{23} টি সংখ্যা অণু বা পরমাণু বা আয়ন বা কণা বিদ্যমান। যেহেতু অণুর সংখ্যা মোল সংখ্যার সামানুপাতিক তাই অ্যাভোগাড্রোর সূত্র হতে পাওয়া যায়, স্থির তাপমাত্রায় ও চাপে কোন গ্যাসের আয়তন এর মোল সংখ্যার সমানুপাতিক হয়।

প্রশ্ন: অ্যাভোগাড্রোর সূত্র থেকে আয়তন ও অণুর সংখ্যার মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো।

প্রশ্ন: আদর্শ গ্যাস সমীকরণ কাকে বলে?
উত্তর: বয়েল, চার্লস ও অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সমন্বয়ে গঠিত চাপ (P), আয়তন (V), মোল (n) ও তাপমাত্রা (T) এর মধ্যে সম্পর্কযুক্ত যে সাধারণ সমীকরণ পাওয়া যায়, তাকে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ বলে।

প্রশ্ন: আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ ($PV = nRT$) প্রতিপাদন করো।

মোলার গ্যাস ধ্রুবক বা সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ হতে পাই—

$$PV = nRT$$

1 mol গ্যাসের ক্ষেত্রে $n = 1$ বসিয়ে পাই,

$$PV = RT$$

বা, $R = PV / T$ = ধ্রুবক

সুতরাং এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে যেকোনো অবস্থায় থাকা নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফলের সাথে পরম তাপমাত্রার অনুপাত সর্বদাই ধ্রুবক থাকে। 1 gm অণু পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে ধ্রুবকটিকে R দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একেই মোলার গ্যাস ধ্রুবক বা সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক নামে অভিহিত করা হয়।

সংজ্ঞা: এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে যেকোনো অবস্থায় থাকা এক গ্রাম ভরের গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফলের সাথে পরম তাপমাত্রার অনুপাত কে মোলার গ্যাস ধ্রুবক বা সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলে। একে R দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে এর একক J mol^{-1} K^{-1}.

লিটার, বায়ুমন্ডলীয় চাপ এককে $R = 0.082$ L atm mol^{-1} K^{-1}
ক্যালরি এককে $R = 1.987$ cal mol^{-1} K^{-1}
erg এককে $R = 8.314\times10^7$ erg mol^{-1} K^{-1}
M.K.S পদ্ধতিতে এর মান, $R = 8.314$ J mol^{-1} K^{-1}
C.G.S পদ্ধতিতে এর মান, $R = 8.320\times10^7$ dyne cm mol^{-1} K^{-1}
F.P.S পদ্ধতিতে এর মান, $R = 2783$ ft lb mol^{-1} K^{-1} [এখানে, ft = ফুট, lb = পাউন্ড]

প্রশ্ন: মোলার গ্যাস ধ্রুবককে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলার কারণ ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মান গ্যাসের প্রকৃতি, ভর এবং অবস্থা নির্ণয়কারী শর্তের (চাপ, উষ্ণতা ও আয়তন) ওপর নির্ভর করে না। মোলার গ্যাস ধ্রুবকের মান যেকোনো অবস্থায় সব গ্যাসের ক্ষেত্রে অভিন্ন হয়ে থাকে। এজন্য মোলার গ্যাস ধ্রুবককে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক বলা হয়।

প্রশ্ন: সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের ভৌত তাৎপর্য ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: এক মোল আদর্শ গ্যাসের উষ্ণতা 1 K বৃদ্ধির জন্য স্থির চাপে প্রসারিত হওয়ার সময় গ্যাসটি দ্বারা যে পরিমাণ কার্য সম্পাদিত হয় তা মোলার গ্যাস ধ্রুবকের সঙ্গে মানগত ভাবে সমান হয়ে থাকে।

আদর্শ গ্যাসের সীমাবদ্ধতা ও সংশোধন

যে গ্যাস বয়েল এবং চার্লসের সূত্র পুরোপুরি নিখুঁতভাবে মেনে চলে তাকে আদর্শ গ্যাস বলা হয়। প্রকৃতপক্ষে কোনো গ্যাসই আদর্শ গ্যাস নয়, সব গ্যাসই বাস্তব গ্যাস (real gas)। বাস্তব গ্যাসগুলির আচরণ সকল অবস্থায় আদর্শ গ্যাসের মতো হয় না। সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে বাস্তব গ্যাসগুলি মোটামুটি বয়েলের সূত্র মানে। কিন্তু নিম্ন উষ্ণতায় ও উচ্চচাপে বাস্তব গ্যাসগুলি বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র ইত্যাদি আদর্শ গ্যাস সূত্রাবলি ভালোভাবে মেনে চলে না। n মোল আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে সঠিকভাবে প্রযোজ্য সমীকরণটি হল $PV = nRT$.

বাস্তব গ্যাস প্রধানত দুটি কারণে এই সমীকরণটি মেনে চলে না। যথা—

1. গতিতত্ত্বের মূল স্বীকার্যগুলির মধ্যে ধরা হয়েছে, গ্যাসের অণুগুলি বিন্দুভর এবং অণুগুলির মোট আয়তন গ্যাস দ্বারা অধিকৃত আয়তনের তুলনায় উপেক্ষণীয়। কিন্তু বাস্তবে যত ক্ষুদ্রই হোক না কেন প্রত্যেকটি অণুরই একটি নির্দিষ্ট আয়তন আছে। অধিক চাপে এবং কম উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন যখন কম থাকে তখন অণুগুলির মোট আয়তনকে আর উপেক্ষা করা চলে না। ফলে গ্যাসের অণুগুলির সরণের জন্য কার্যকর আয়তন (effective volume) ওর মোট আয়তন V অপেক্ষা কিছু কম হয়। অর্থাৎ আদর্শ গ্যাসের সমীকরণে গ্যাস অণুসমূহের মুক্ত চলাচলের জন্য আয়তন V ধরা হয়েছে। বাস্তবিকপক্ষে তা সঠিক নয় এক মোল বাস্তব গ্যাসের অণুসমূহের কার্যকর নিজস্ব আয়তন b হলে n মোল গ্যাসের জন্য V থেকে nb বাদ দিতে হবে। অর্থাৎ গ্যাস অণুসমূহের জন্য মুক্ত স্থান = $(V - nb)$ হবে। এখানে b একটি ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক।

2. গতিতত্ত্বের অপর একটি স্বীকার্যে ধরা হয়েছে যে, অণুগুলি পরস্পরের ওপর আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে না। কিন্তু বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে অণুগুলি পরস্পরের ওপর আকর্ষণ বল প্রয়োগ করে। পাত্রের দেয়াল থেকে দূরে অবস্থিত গ্যাসের অভ্যন্তরে যে কোনো অণুর ওপর চারদিক থেকে সমান আকর্ষণ বল প্রযুক্ত হয়। ফলে পাত্রের মোটামুটি মাঝখানে থাকা অণুগুলির ওপর সব আকর্ষণ বলের লব্ধি শূন্য। কিন্তু যখন একটি অণু পাত্রের দেয়ালের কাছে আসে তখন ওই অণুটিকে পাত্রের ভিতরের সব অণুগুলি ভিতরের দিকে (অর্থাৎ তার গতির বিপরীত দিকে) আকর্ষণ করে। ফলে অণুটির গতি কমে যায় ও অণুটি অপেক্ষাকৃত কম জোরে দেয়ালে ধাক্কা মারে। সুতরাং আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল না থাকলে দেয়ালের ওপর যে চাপ প্রযুক্ত হত তা আন্তঃআণবিক বল থাকার জন্য কিছুটা হ্রাস পায়। অর্থাৎ বাস্তব গ্যাস যে চাপ প্রয়োগ করে, তা একই অবস্থায় গ্যাসটি আদর্শ হলে যে চাপ প্রয়োগ করতো, তার চেয়ে কম। বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস দেখান যে মোট চাপ $P + (an^2/v^2)$ হবে। যেখানে a একটি ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক।

অতএব আদর্শ গ্যাস ($PV = nRT$) সমীকরণে গ্যাসের চাপ ও আয়তন সংশোধনী এনে চাপ P এর পরিবর্তে $P + (an^2/v^2)$ এবং আয়তন V এর পরিবর্তে ($V - nb$) বসিয়ে বাস্তব গ্যাসের সমীকরণ পাওয়া যায়। যেহেতু বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাসের নিজস্ব আয়তন ও আন্তঃআণবিক আকর্ষণজনিত চাপ সম্পর্কীয় উভয় বিচ্যুতির হিসাব করে বিজ্ঞানী ভ্যানডার ওয়ালস, আদর্শ গ্যাস ($PV = nRT$) সমীকরণে সংশোধন এনে বাস্তব গ্যাসের সমীকরণ তৈরি করেন, তাই এটি ভ্যানডার ওয়ালস সমীকরণ নামে পরিচিত। বাস্তব গ্যাসের সমীকরণটি নিম্নরূপ—

$$\left[P + \frac{an^2}{v^2}\right](V - nb) = nRT$$

ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক a এর তাৎপর্য

- ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক a কোন গ্যাসের আন্তঃআণবিক আকর্ষন শক্তির পরিমাপক। কোন গ্যাসের জন্য a এর মান যত বেশি হবে, ঐ গ্যাসের আন্তঃআণবিক আকর্ষণ শক্তি তত বেশি হবে।
- কোন গ্যাসের আণবিক ভর যত বেশি ঐ গ্যাসের জন্য a এর মান তত বেশি হবে এবং গ্যাসকে তত সহজে তরল করা যায়।
- a এর একক চাপ ও আয়তনের এককের উপর নির্ভরশীল। আয়তনকে লিটার ও চাপকে এটমোস্ফেয়ার এককে প্রকাশ করা হয় তবে a এর একক হবে— atm L^2 mol^{-2}। ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক a এর মাত্রা, $[a] = ML^5T^{-2}$

ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক b এর তাৎপর্য

- b হল এক মোল কোন গ্যাসের অণুসমূহের নিজস্ব আয়তন।
- কোন গ্যাসের আকার বড় হলে b এর মান বড় হবে।
- b এর একক আয়তনের এককের উপর নির্ভরশীল। আয়তনকে লিটারে প্রকাশ করলে b এর একক হবে— L mol^{-1}। ভ্যানডার ওয়ালস ধ্রুবক b এর মাত্রা, $[b] = L^3$

প্রশ্ন: নিম্নচাপে ও উচ্চ তাপমাত্রায় বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে কেনো? ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: বাস্তব গ্যাস প্রধানত দুটি কারণে আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে না। প্রথমত ধরা হয় আদর্শ গ্যাসের অণুগুলো বিন্দু ভর অর্থাৎ অণুগুলোর আয়তন শুন্য। কিন্তু বাস্তব গ্যাসের অণুগুলো যতই ক্ষুদ্র হোক না কেনো এদের আয়তন আছে। দ্বিতীয়ত ধরা হয় আদর্শ গ্যাস অণুগুলোর আন্তঃআণবিক বল শুন্য। কিন্তু বাস্তব গ্যাসের আন্তঃআণবিক বল শুন্য নয়। এখন কোনো আবদ্ধ পাত্রে কোনো বাস্তব গ্যাসকে নিম্নচাপে রাখার অর্থ হলো—

1. আবদ্ধ পাত্রে অণুর সংখ্যা খুব কম।
2. গ্যাসটির আন্তঃআণবিক দুরত্ব খুব বেশি।

প্রথম কারণটির জন্য বাস্তব গ্যাসটির অণুগুলোর মোট আয়তন পাত্রের আয়তনের তুলনায় নগণ্য হয়ে পড়ে। দ্বিতীয় কারণটির জন্য বাস্তব গ্যাসটির আন্তঃআণবিক বল নগণ্য হয়ে পড়ে। ফলে নিম্নচাপে বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের মতো আচরণ করে। আর একই সঙ্গে উচ্চ তাপমাত্রায় গ্যাস অণুসমূহের গতিশক্তি ব্যাপকভাবে বৃদ্ধি পায়। ফলে অনু সমূহের মধ্যে আন্তঃকণা আকর্ষণ বল এতই হ্রাস পায় যে তা আর কার্যকর থাকে না। অর্থাৎ আদর্শ আচরণের উদ্ভব ঘটে।

বয়েলের তাপমাত্রা: যে উচ্চ তাপমাত্রার কোন বাস্তব গ্যাস আদর্শ গ্যাসের মত আচরণ করে এবং গ্যাসসূত্র মেনে চলে, ঐ তাপমাত্রাকে বয়েলের তাপমাত্রা বলা হয়।

প্রশ্ন: বায়বীয় পদার্থের আয়তন ও চাপ পরস্পরের উপর নির্ভরশীল কেনো? ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: কোনো বায়বীয় পদার্থ আবদ্ধ পাত্রে রাখলে তা পাত্রের আকার ও আয়তন লাভ করে। গ্যাসীয় অনুগুলো পাত্রের মধ্যে বিরামহীন ও সম্পূর্ণ এলোমেলো ভাবে ছোটাছুটি করে। এ অণুগুলোর গতির জন্য পাত্রের উপর একটি নির্দিষ্ট চাপ সৃষ্টি হয়। স্থির তাপমাত্রায় ওই গ্যাসের আয়তন বা পাত্রের আয়তন কমালে অণুগুলোর অতিক্রান্ত পথ ছোট হয়ে যায়। এই অবস্থাতে গ্যাসের অণুর গতি কমে না; কিন্তু পাত্রের দেয়ালে গ্যাসের অণুগুলোর ধাক্কার সংখ্যা বেড়ে যায়। ফলে আবদ্ধ পাত্রে গ্যাসের চাপ বাড়ে। অর্থাৎ আয়তন কমালে চাপ বাড়ে। একইভাবে আয়তন বাড়ালে চাপ কমে। বিপরীতক্রমে বলা যায়, চাপ বাড়ালে আয়তন কমে বা চাপ কমালে আয়তন বাড়ে। বয়েলের সূত্রানুসারে পাওয়া যায়, স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন এর চাপের সাথে ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ বায়বীয় পদার্থের আয়তন ও চাপ পরস্পরের উপর নির্ভরশীল।

গ্যাসীয় পদার্থের মোলার তাপধারণ ক্ষমতা বা মোলার আপেক্ষিক তাপ

সংজ্ঞা: 1 মোল গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ওই গ্যাসের মোলার তাপধারণ ক্ষমতা বা মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। একে C দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে মোলার আপেক্ষিক তাপের একক J mol^{-1} K^{-1}।

কোনো গ্যাসের n মোলের তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বৃদ্ধি করতে যদি ΔQ পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয়, তবে মোলার তাপ ধারণ ক্ষমতা—

$$C = \Delta Q / n\,\Delta\theta$$

গ্যাসীয় পদার্থের মোলার আপেক্ষিক তাপের প্রকারভেদ

গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগ করা হলে তাপমাত্রার সাথে সাথে গ্যাসের চাপ এবং আয়তন উভয়ই পরিবর্তিত হয়। তাই কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা একই পরিমাণ বৃদ্ধি করতে স্থির চাপে ও স্থির আয়তনে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। এজন্য গ্যাসের ক্ষেত্রে দুই ধরনের আপেক্ষিক তাপ পাওয়া যায়। যথা—

1. স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ।
2. স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ।

স্থির চাপে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ: স্থির চাপে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন তাকে স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। একে C_P দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

স্থির আয়তনে গ্যাসের মোলার আপেক্ষিক তাপ: স্থির আয়তনে 1 mole গ্যাসের তাপমাত্রা 1K বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন তাকে স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ বলে। একে C_V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

পরীক্ষা করে দেখা গেছে C_P এর মান C_V অপেক্ষা বেশি হয়।

স্থির চাপ ও স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপদ্বয়ের পার্থক্যের ভৌত ব্যাখ্যা

একটি নির্দিষ্ট ভরের কোনো গ্যাসের আয়তন স্থির রেখে তাকে উত্তপ্ত করতে থাকলে তার চাপ ও তাপমাত্রা উভয়ই বৃদ্ধি পায়। কিন্তু আয়তন স্থির থাকায় ওই গ্যাস বাহ্যিক কোনো কাজ করে না। ফলে সম্পূর্ণ তাপ গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রা পরিবর্তনেই ব্যয় হয়।

আবার চাপ স্থির রেখে গ্যাসটিকে উত্তপ্ত করতে থাকলে তার আয়তন ও তাপমাত্রা উভয়ই বৃদ্ধি পায়। ফলে প্রযুক্ত তাপ একদিকে গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে এবং অপরদিকে বাহ্যিক চাপের বিরুদ্ধে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি করে কিছু কাজ সম্পন্ন করে। সুতরাং স্থির আয়তনে 1 মোল গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K পর্যন্ত বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন হবে স্থির চাপে ওই গ্যাসের তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে তা অপেক্ষা কিছু বেশি তাপের প্রয়োজন হবে। কেননা দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বাহ্যিক চাপের বিরুদ্ধে কাজ করে আয়তন বৃদ্ধি করতে কিছু অতিরিক্ত তাপ লাগবে। অর্থাৎ বাহ্যিক চাপের বিরুদ্ধে কাজের সমতুল তাপ q হলে— $C_P = C_V + q$ হবে। সুতরাং $C_P > C_V$।

স্থির চাপ ও স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপদ্বয়ের সম্পর্ক

কোনো আদর্শ গ্যাসের স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ এবং স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে C_P ও C_V এবং সার্বজনীন মোলার গ্যাস ধ্রুবক R হলে—

$$C_P - C_V = R$$

নির্দিষ্ট তাপ অনুপাত বা এডিয়াব্যাটিক সূচক: নির্দিষ্ট আদর্শ গ্যাসের স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ এবং স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপের অনুপাত একটি ধ্রুব রাশি। একে নির্দিষ্ট তাপ অনুপাত বা এডিয়াব্যাটিক সূচক বলে। একে γ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একই জাতীয় রাশির অনুপাত হওয়ায় γ এর কোনো একক ও মাত্রা নেই।

নির্দিষ্ট আদর্শ গ্যাসের স্থির চাপে মোলার আপেক্ষিক তাপ এবং স্থির আয়তনে মোলার আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে C_P ও C_V হলে—

$$C_P / C_V = \gamma$$

- এক পারমাণবিক গ্যাসের ক্ষেত্রে, $\gamma = 1.67$
- দ্বি-পারমাণবিক (ডায়াটমিক) গ্যাসের ক্ষেত্রে, $\gamma = 1.4$
- বহু পারমাণবিক গ্যাসের ক্ষেত্রে, $\gamma = 1.33$

ব্রাউনীয় গতি (Brownian Motion)

ব্রিটিশ উদ্ভিদ বিজ্ঞানী রবার্ট ব্রাউন (Robert Brown) পানিতে পরাগরেণু (pollen grain) মিশিয়ে দিয়ে শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে রেণুগুলির গতি লক্ষ্য করেন। তিনি দেখেন যে পরাগরেণু গুলো এলোমেলোভাবে চারদিকে নিরবিচ্ছিন্ন ভাবে ছোটাছুটি করছে। পরবর্তীতে দেখা যায়, কোনো তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে পরাগরেণুর মতো সূক্ষ্ম কণা ভাসিয়ে দিলে কণা গুলোতে একই রকম অনিয়মিত গতির সৃষ্টি হয়। কণাগুলি নিরন্তর কখনও নীচের দিকে, কখনও ওপরের দিকে, কখনও বামে বা ডানে যাতায়াত করছে। আবার কখনও ঘুরপাক খাচ্ছে। তরল বা গ্যাসের মধ্যে ভাসন্ত (suspended) সূক্ষ্ম কণার এ ধরনের অবিরাম অনিয়মিত গতিকে ব্রাউনীয় গতি বলা হয়।

ব্রাউনীয় গতির বৈশিষ্ট্য

বিভিন্ন বিজ্ঞানী নানা পরীক্ষার সাহায্যে ব্রাউনীয় গতির নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্যগুলি লক্ষ্য করেন—

- এই গতি স্বতস্ফূর্ত, চিরস্থায়ী, নিরবচ্ছিন্ন এবং এলোমেলো। দুটি কণার গতি কখনোই একই রকম হয় না। এমনকি খুব কাছাকাছি দুটি কণার গতিও এক রকম নয়।
- পাত্রের নড়াচড়ার ওপর এই গতি নির্ভর করে না।
- উষ্ণতা বৃদ্ধিতে কণাগুলির বেগ বৃদ্ধি পায়।
- কণাগুলো যত ক্ষুদ্র হয় এদের বেগ তত বৃদ্ধি পায়।
- মাধ্যমের সান্দ্রতা (viscosity) যত কম হয় কণাগুলোর বেগও তত বেশি হয়।
- ভাসন্ত কণাগুলোর রাসায়নিক প্রকৃতির ওপর এই গতি নির্ভর করে না।

ব্রাউনীয় গতির কারণ ও ব্যাখ্যা

ব্রাউনীয় গতি আবিষ্কারের পর প্রথম দিকে বিজ্ঞানীরা মনে করেছিলেন যে, এই গতির কারণ হলো রাসায়নিক বিক্রিয়া, অনিয়মিত উষ্ণতার পরিবর্তন, তরলের পৃষ্ঠটান (surface tension) ইত্যাদি। কিন্তু নানারকম পরীক্ষা থেকে প্রমাণিত হয় যে এইসব ব্যাখ্যা ঠিক নয়। গতিতত্ত্বের সাহায্যে ব্রাউনীয় গতির সঠিক ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব হয়। আমরা জানি, তরল বা গ্যাসের অণুগুলো সর্বদা এলোমেলো ভাবে ছুটছে, ফলে ভাসন্ত কণাগুলোর (যেমন ধূলিকণা গুলোর) সঙ্গে এদের অনবরত সংঘর্ষ ঘটছে। ভাসন্ত কণাগুলোকে সবসময় চারদিক থেকে তরল কিংবা গ্যাসের অণুগুলো ধাক্কা মারে। তাই ভাসন্ত কণাটি আকারে বড়ো হলে অণুগুলির আঘাত কণার ওপর সবদিক থেকে সমানভাবে পরে। এর ফলে কণাটির ওপর লব্ধি বল শূন্য হয় বলে কণাটি স্থির থাকে। এই কারণেই পানিতে ভাসমান কাঠের টুকরো বা অন্য কোনো ভাসমান বস্তুতে ব্রাউনীয় গতি দেখা যায় না। কিন্তু ভাসন্ত কণাটি আকারে খুব ক্ষুদ্র হলে এর ওপর অণুগুলোর আঘাত চারদিকে থেকে সমানভাবে পড়ে না। এর ফলে লব্ধি বল শুন্য হয় না এবং কণাটি লব্ধি বলের অভিমুখে গতিশীল হয়। আণবিক সংঘাতগুলো বিশৃঙ্খল বা এলোমেলো হওয়ায় লব্ধি বলের মান সর্বত্র সবসময় সমান নয় এবং লব্ধি বলের অভিমুখও সবসময় এক দিকে হয় না। তাই কণাটি অনিয়মিতভাবে এদিক ওদিক ছোটাছুটি করে। কণাগুলি যত আকারে ছোট হয়, ক্রিয়াশীল লব্ধি বলের মান তত বৃদ্ধি পেয়ে কণার গতিকে তীব্রতর করে। উষ্ণতা বৃদ্ধি করলে অণুগুলির তাপীয় গতি বাড়ে। ফলে কণাগুলির ওপর ক্রিয়াশীল বল বৃদ্ধি পায় এবং কণাগুলির গতিও বেড়ে যায়।

তাপের সঞ্চালন

সংজ্ঞা: উচ্চ তাপমাত্রা বিশিষ্ট স্থান থেকে নিম্ন তাপমাত্রা বিশিষ্ট স্থানের দিকে তাপের প্রবাহকে তাপের সঞ্চালন বলে।

তাপীয় সঞ্চালনের প্রকারভেদ

তাপমাত্রা পার্থক্যজনিত কারণে তিনটি পদ্ধতিতে উষ্চ তাপমাত্রার বস্তু থেকে নিম্ন তাপমাত্রার বস্তুতে তাপ সঞ্চালিত হয়। যথা—

1. পরিবহন পদ্ধতি
2. পরিচলন পদ্ধতি
3. বিকিরণ পদ্ধতি

পরিবহন পদ্ধতি

সংজ্ঞা: যে পদ্ধতিতে পদার্থের অণুগুলো তাদের নিজস্ব স্থান পরিবর্তন না করে শুধু স্পন্দনের মাধ্যমে এক অণু তার পাশ্ববর্তী অণুকে তাপ প্রদান করে পদার্থের উষ্ণতর অংশ থেকে শীতলতর অংশে তাপ সঞ্চালিত করে, সেই পদ্ধতিকে পরিবহন পদ্ধতি বলে।

পরিবহন পদ্ধতির বৈশিষ্ট্য

- তাপ পরিবহনের জন্য জড় মাধ্যম প্রয়োজন হয়। যে মাধ্যমের অণুগুলি যত বেশি সুদৃঢ় হয়, সেখানে পরিবহন তত বেশি হয়। এই কারণে কঠিন মাধ্যমে তাপের পরিবহন সবচেয়ে বেশি। তরলের পরিবহন কঠিনের থেকে কম এবং গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে আরও কম হয়।
- শূন্য মাধ্যমে তাপের পরিবহন হয় না।
- পরিবহনে পদার্থের অণুর স্থান পরিবর্তন ঘটে না।
- এই পদ্ধতিতে তাপ বক্রপথে সঞ্চালিত হতে পারে এবং যে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে তাপ সঞ্চালিত হয় সেই মাধ্যমকে উত্তপ্ত করে।
- পরিবহন পদ্ধতিতে তাপ সঞ্চালনের গতি পরিচলন ও বিকিরণের তুলনায় অনেক কম।

তাপ পরিবাহী পদার্থের প্রকারভেদ

তাপ পরিবাহী পদার্থ তিন প্রকার। যথা—
1. তাপ সুপরিবাহী
2. তাপ কুপরিবাহী
3. তাপ অপরিবাহী

তাপ সুপরিবাহী: যে সব পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহন করতে পারে তাদেরকে তাপ সুপরিবাহী বলা হয়। লোহা, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, সোনা সহ প্রায় সব ধাতু তাপের সুপরিবাহী।

তাপ কুপরিবাহী: যে সব পদার্থ তাপ ভালো পরিবহন করতে পারে না তাদেরকে তাপ কুপরিবাহী বলা হয়। কাঠ, কাচ, পশম কাপড় প্রভৃতি তাপের কুপরিবাহী।

তাপ সুপরিবাহী: যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তাপ একেবারেই পরিবাহিত হতে পারে না তাদেরকে তাপ অপরিবাহী বলে। যেমন— ফেল্ট, পশমি কাপড়, অ্যাসবেস্টস ইত্যাদি

প্রাত্যহিক জীবনে তাপ পরিবহনের ব্যবহারিক উদাহরণ

- কোন কাচের পাত্রের একটি অংশকে খুব উত্তপ্ত করলে সেই অংশটি প্রসারিত হতে চায়। কিন্তু কাচ তাপের কুপরিবাহী হবার কারণে তার পাশের অংশে তাপ প্রবাহিত হতে সময় লাগে। ফলে পাশের শীতল অংশ এই প্রসারণে বাঁধা দেয় এবং এর ফলে কাচ ফেটে যেতে পারে। এই একই কারণে উত্তপ্ত কাচের বাল্ব বা হ্যারিকেনের চিমনীতে ঠাণ্ডা জলের ছিটা লাগলে কাচ ফেটে যায়।

- আমরা শীতকালে পশমের পোশাক ব্যবহার করি। পশমের পোশাক পড়লে গরম লাগে তার কারণ হল পশমের আঁশগুলি আলগাভাবে থাকে। এদের মধ্যে যে ছিদ্র বা ফাঁকা স্থান থাকে সেখানে বাতাস আটকে থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী, ফলে আমাদের দেহের তাপ আবদ্ধ বায়ুর স্তর ভেদ করে বাইরে যেতে পারে না, তাই গরম বোধ হয়।

- একটি মোটা জামার পরিবর্তে দুটি পাতলা জামা একসাথে পরলে বেশি গরম বোধ হয়। কারণ দুটি জামা পরলে জামা দুটির মধ্যে কিছু বাতাস আবদ্ধ হয়ে থাকে, যা দেহের তাপ ধরে রাখতে সাহায্য করে।

- গ্রামাঞ্চলে খড়ের ছাউনি যুক্ত গৃহ দেখা যায়, যার ভিতরের অংশ শীতকালে গরম ও গ্রীষ্মকালে অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা থাকে। এর কারণ হল খড়ের মধ্যের ছিদ্রে বাতাস আবদ্ধ থাকে যা তাপ কুপরিবাহী। ফলে এই ঘরগুলি গরমকালে ঠাণ্ডা ও শীতকালে গরম হয়। একই কারণে কাঠের তৈরি ঘরের অভ্যন্তর শীতকালে গরম হয়, কারণ কাঠ তাপের কুপরিবাহী।

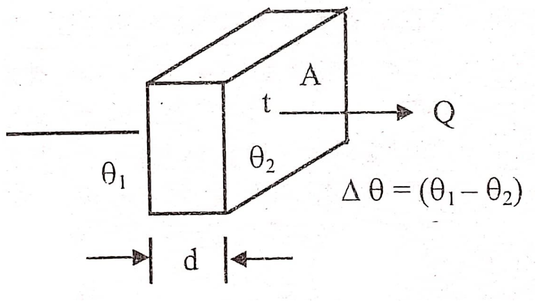
- বরফ তাপের কুপরিবাহী। এই কারণে বরফ দিয়ে তৈরি ইগলুর ভিতরের তাপমাত্রা বেশি থাকে ও গরম বোধ হয়।

তাপ পরিবাহকত্ব বা পরিবাহতাঙ্ক বা তাপ পরিবাহিতা: কোনো পদার্থের একক পুরুত্ব এবং একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো খন্ডের দুই বিপরীত সমান্তরাল পৃষ্ঠের তাপমাত্রার পার্থক্য 1 K হলে প্রতিসেকেন্ডে উষ্ণ পৃষ্ঠ থেকে শীতল পৃষ্ঠে লম্বভাবে যে পরিমাণ তাপ পরিবহন পদ্ধতিতে সঞ্চালিত হয়, তাকে ঐ পদার্থের তাপ পরিবাহকত্ব বলে।

সাধারণভাবে বলা যায়, যে ধর্মের কারণে পদার্থের এক স্থান থেকে অন্য স্থানে তাপ পরিবাহিত হয়, সেই ধর্মকে পদার্থের তাপ পরিবাহকত্ব বা পরিবাহতাঙ্ক বা তাপ পরিবাহিতা বলে।

ইহাকে K দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে ইহার একক $Wm^{-1}K^{-1}$।

তাপ পরিবাহকত্বের রাশিমালা



মনে করি, যে পরিমাণ তাপ পরিবহন পদ্ধতিতে সঞ্চালিত হয় তর পরিমাণ Q, পরিবাহকের দুই পৃষ্ঠের তাপমাত্রার পার্থক্য $\Delta\theta$, পরিবাহকের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল A এবং পৃষ্ঠের পুরুত্ব বা বেধ d হলে—

তাপ পরিবাহকত্ব, $K = Q\,d / A\,\Delta\theta\,t$

প্রশ্ন: লোহার তাপ পরিবাহকত্ব ৪০ $Wm^{-1}K^{-1}$ বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: লোহার তাপ পরিবাহকত্ব ৪০ $Wm^{-1}K^{-1}$ বলতে বোঝায় 1 m পুরূত্ব ও 1 m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট লোহার কোনো খন্ডের দুই পৃষ্ঠের তাপমাত্রার পার্থক্য 1 K হলে এর উষ্ণ পৃষ্ঠ থেকে শীতল পৃষ্ঠে লম্বভাবে প্রতি সেকেন্ডে 80 J তাপশক্তি পরিবহন পদ্ধতিতে সঞ্চালিত হয়।

প্রশ্ন: কোনো পরিবাহকের মধ্য দিয়ে পরিবহন পদ্ধতিতে সঞ্চালিত তাপ কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে।
উত্তর: কোনো নির্দিষ্ট পরিবাহকের মধ্যদিয়ে পরিবহন পদ্ধতিতে সঞ্চালিত তাপ নিম্নোক্ত বিষয়ের উপর নির্ভর করে—

1. পরিবাহকের দুই পৃষ্ঠের তাপমাত্রার পার্থক্য ($\Delta\theta$)।
2. প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল (A)।
3. তাপ পরিবহনের সময়কাল (t)।
4. পরিবাহকের দুই পৃষ্ঠের পুরুত্ব (d)।
5. পরিবাহকে উপাদান বা পরিবাহকত্ব (K)।

প্রশ্ন: একটি ঘরের বাইরে ও অভ্যন্তরে তাপমাত্রা যথাক্রমে 35°C ও 25°C। ঘরটিতে 4 m দীর্ঘ এবং 1 m প্রস্থের একটি কাঁচের জানালা আছে। জানালার পুরুত্ব 0.5 cm। কাঁচের তাপ পরিবাহকত্ব 0.8 $Wm^{-1}K^{-1}$ হলে, প্রতি মিনিটে পরিবাহিত তাপের পরিমাণ নির্ণয় করো।

জলসম: কোনো পদার্থের তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপ লাগে সেই পরিমাণ তাপ দিয়ে যতটা ভরের জলের তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করা সম্ভব সেই পরিমাণ জলকেই উক্ত পদার্থের জলসম বলা হয়।

তাপীয় রোধ: যে ধর্মের কারণে পরিবাহী তার মধ্য দিয়ে তাপের পরিবহনকে বাঁধা প্রদান করে তাকে তাপীয় রোধ বলে। ইহাকে R_H দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে ইহার একক $J^{-1}\,K\,s$.

d বেঁধ বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর তাপ পরিবাহকত্ব K এবং পৃষ্টের ক্ষেত্রফল A হলে, তাপীয় রোধের পরিমান—

$$R_H = d / K\,A = \Delta\theta\,t / Q$$

পরিচলন পদ্ধতি

সংজ্ঞা: যে পদ্ধতিতে তাপ কোনো পদার্থের অণুগুলোর চলাচলের দ্বারা উষ্ণতর অংশ থেকে শীতলতর অংশে সঞ্চালিত হয়, তাকে পরিচলন পদ্ধতি বলে।

এ পদ্ধতিতে তাপ সঞ্চালনের জন্য জড় মাধ্যমের প্রয়োজন আবশ্যক। বিশেষত তরল ও বায়বীয় পদার্থগুলোতে এ পদ্ধতিতে তাপ সঞ্চালিত হয়। তাপ গ্রহণ করে পদার্থের উষ্ণতর অংশের অণুগুলো শীতলতর অংশের দিকে প্রবাহিত হয়। এভাবে অণুগুলো স্থান পরিবর্তনের মাধ্যমে নিজ গতির সাহায্যে তাপ সঞ্চালিত করে। প্রকৃতপক্ষে কঠিন পদার্থগুলোর আন্তঃআণবিক শক্তি প্রবল হওয়ায় এরা স্থান পরিবর্তন করতে পারে না। তাই কঠিন পদার্থের মধ্য দিয়ে তাপের পরিচলন সম্ভব নয়।

পরিচলন পদ্ধতির বৈশিষ্ট্য

- পদার্থের অণুগুলি উষ্ণতর অংশ থেকে শীতলতর অংশে গমন করে।
- সাধারণত তরল ও গ্যাসের ক্ষেত্রে তাপ সঞ্চালন পরিচলন পদ্ধতিতে হয়।
- এই পদ্ধতিতে তাপ যে মাধ্যম অবলম্বন করে সেই মাধ্যমকে উত্তপ্ত করে।
- এটি বিকিরণ অপেক্ষা মন্থর গতিসম্পন্ন।
- এই পদ্ধতিতে তাপ সরলরেখা বা বক্রপথে সঞ্চালিত হতে পারে।
- পরিচলনের ফলে পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয়।

প্রশ্ন: তাপ পরিচলনের ফলে পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয়, ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: কোন পাত্রে তরল নিয়ে পাত্রের নীচের অংশে তাপ দিলে নীচের তরল উত্তপ্ত হয় এবং তার আয়তন প্রসারিত হয়। কিন্তু যেহেতু ভর অপরিবর্তিত থাকে, তাই আয়তন বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে তরলের ঘনত্ব হ্রাস পায়। ফলে ওই উত্তপ্ত তরল হালকা হয়ে যায় ও উপরে উঠে আসে। ফলে একটি উত্তপ্ত পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি হয়। এই সময় উপর থেকে অপেক্ষাকৃত শীতল তরল ও ভারী তরল নীচে নেমে আসে ওই স্থান পূর্ণ করে। ফলে পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয়।

একইভাবে বায়ুর ক্ষেত্রেও পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয়। এই পরিচলন প্রক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে শীতকালে গরম বাতাসের সাহায্যে ঘর গরম করা হয়। প্রকৃতিতে যে বায়ুপ্রবাহ ঘটে তা এই পরিচলন প্রক্রিয়ায় ঘটে। প্রকৃতিতে বায়ুর পরিচলন স্রোতের জন্য স্থলবায়ু ও সমুদ্র বায়ু সৃষ্টি হয়, যা সমুদ্রের নিকটবর্তী অঞ্চলে দেখা যায়।

সমুদ্র বায়ু: জলের তুলনায় স্থলের আপেক্ষিক তাপ কম এবং তাপ শোষণ ক্ষমতা বেশি। তাই দিনের বেলা সূর্যের তাপে জলের তুলনায় স্থলভাগ বেশি উত্তপ্ত হয়। ফলে উত্তপ্ত স্থলসংলগ্ন বাতাস গরম হয়ে যায় এবং তা উপরে উঠে যায়।
এই সৃষ্ট শূন্যস্থান পূরণ করার জন্য তখন সমুদ্রের দিক থেকে আসা বাতাস স্থলভাগের দিকে প্রবাহিত হয়, যা সমুদ্র বায়ু নামে পরিচিত।

সমুদ্র বায়ু দিনের বেলায় প্রবাহিত হয় এবং সন্ধ্যার দিকে তার প্রাবল্য সবচেয়ে বেশি হয়।

স্থলবায়ু: অন্যদিকে স্থলবায়ু সৃষ্টি হয় রাতের বেলা। রাতে তাপ বিকিরণ করে স্থলভাগ দ্রুত ঠাণ্ডা হয়ে যায়। কিন্তু জলভাগ অতদ্রুত ঠাণ্ডা হতে পারে না ফলে সমুদ্রের উপরের অপেক্ষাকৃত গরম বাতাস উপরে উঠে যায়, এবং স্থলভাগ থেকে অপেক্ষাকৃত শীতল বাতাস সমুদ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। একে স্থলবায়ু বলে।

স্থলবায়ু রাত্রিকালে প্রবাহিত হয় এবং ভোরের দিকে এর প্রাবল্য সর্বাধিক হয়।

প্রশ্ন: একটি জলন্ত উনুনের আশে পাশের তুলনায় উপরের দিকে অনেক বেশি গরম লাগে কেনো?
উত্তর: পরিচলন স্রোতের কারণে জলন্ত উনুনের আশে পাশের তুলনায় উপরের দিকে অনেক বেশি গরম লাগে। উনুনের উপরের বায়ু উত্তপ্ত হয়ে উপরে উঠে যায় এবং চারপাশ থেকে শীতল বায়ু এসে সেই স্থান দখল করে। ফলে বায়ুতে পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয়।

এই স্রোতের কারণে বায়ু দ্রুত উত্তপ্ত হয়ে উপর দিকে ওঠে, তাই উনুনের উপর দিকে হাত রাখলে গরম বোধ হয়। পরিচলন প্রক্রিয়ায় তাপ উপর দিকে সঞ্চালিত হয়। উনুনের পাশের দিকে তাপ সঞ্চালন পরিবহন ও বিকিরণ প্রক্রিয়ার উপর নির্ভর করে। কিন্তু বায়ু তাপের কুপরিবাহী হওয়ার কারণে পরিবহন প্রণালীতে পাশের দিকে তাপ সঞ্চালন ঘটে না। যা তাপ সঞ্চালিত হয় তা বিকিরণ পদ্ধতির জন্য ঘটে। আবার পরিচলন প্রক্রিয়ায় সৃষ্ট পরিচলন স্রোতের কারণে উনুনের পাশের তাপমাত্রা অনেক হ্রাস পায়। এই কারণে উনুনের উপর দিক অপেক্ষা পাশের দিকে হাত রাখলে কম উত্তাপ অনুভব হয়।

প্রশ্ন: কঠিন পদার্থের মধ্যে তাপের পরিচলন হয় না কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: যে পদ্ধতিতে কোনো পদার্থের অণুগুলোর চলাচলের দ্বারা উষ্ণতর অংশ থেকে শীতলতর অংশে তাপ সঞ্চালিত হয় তাকে পরিচলন পদ্ধতি বলে। কঠিন পদার্থের অণুগুলোর মধ্যে বন্ধন খুবই প্রবল এবং আন্তঃআণবিক ফাঁক কম থাকে। ফলে কঠিন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করলে, অণুগুলো যে গতিশক্তি লাভ করে তা অণুসমূহকে স্থানান্তরিত করতে পারে না। ফলে কঠিন পদার্থে তাপের পরিচলন ঘটে না।

বিকিরণ পদ্ধতি

সংজ্ঞা: যে পদ্ধতিতে তাপ কোন জড় মাধ্যমের সাহায্য ছাড়াই তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গাকারে উষ্ণ বস্তু থেকে শীতল বস্তুতে সঞ্চালিত হয়, তাকে বিকিরণ বলে।

এক্ষেত্রে তাপীয় বিকিরণ, যা প্রায়ই ইনফ্রারেড বিকিরণ নামে পরিচিত। অর্থাৎ বিকিরণের ক্ষেত্রে তাপ সঞ্চালনের মাধ্যম হিসেবে কাজ করে ইনফ্রারেড বা অবলোহিত রশ্মি।

উত্তপ্ত যে কোনো বস্তুই আলো বিকিরণ করে। তথা কোনো বস্তুর তাপমাত্রা শুন্য কেলভিন এর বেশি হলেই সেখান থেকে ইনফ্রারেড রশ্মি আকারে তাপ নির্গত হয়। তা সে আকাশের কোনো নক্ষত্র হোক অথবা আমাদের চারপাশের সাধারণ বস্তুই হোক। এমনকি ৯৮° ফারেনহাইট তাপমাত্রার মানবদেহ থেকেও আলোক তরঙ্গ নিঃসৃত হয়। কোনো বস্তু থেকে কি পরিমান তাপ নির্গত হবে তা নির্ভর করে বস্তুটির তাপমাত্রার উপর। বিকীর্ণ তাপের তরঙ্গদৈর্ঘ্য বস্তুর তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। তাপমাত্রা ও তরঙ্গ দৈর্ঘ্য পরস্পর ব্যস্তানুপাতিক।

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

এখানে, λ ও T হচ্ছে যথাক্রমে ফোটনের তরঙ্গদৈর্ঘ্য ও বস্তুর তাপমাত্রা। এবং b হচ্ছে ভীনের ধ্রুবক যার মান 2.8977729×10^{-3} mK

যে বস্তু যত বেশি উষ্ণ সে বস্তু তত ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে বিকিরন করে। সূর্য থেকে বিকিরিত তাপ ০.২ মাইক্রোমিটার থেকে ০.৪ মাইক্রোমিটার তরঙ্গ দৈর্ঘ্যে পৃথিবী পৃষ্টে এসে পৌঁছায়। সৌর বিকিরনে বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিশিষ্ট রশ্মির উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়। যেমন সৌর বিকিরণে ৮% অতিবেগুনি রশ্মি, ৫০% দৃশ্যমান রশ্মি এবং ৪২% ইনফ্রারেড বা লাল রশ্মি থাকে।

অ্যালবেডো: সূর্য থেকে আগত শক্তির যে অংশ পৃথিবী পৃষ্টকে উত্তপ্ত না করে মহাশূন্যে ফিরে যায়, তাকে অ্যালবেডো বলে। পৃথিবীর অ্যালবেডোর পরিমান ৩৫%। নিম্নস্তরের ঘন কালো মেঘ, বালি, তুষার প্রভৃতি থেকে অ্যালবেডো বেশি হয়।

প্রশ্ন: তাপ বিকিরণ ও শোষণ করার ক্ষমতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভরশীল?
উত্তর: প্রত্যেক বস্তুর তাপ বিকিরণ ও শোষণ করার ক্ষমতা আছে। ওই বিকিরণ ও শোষণ ক্ষমতা, বস্তু এবং তার পারিপার্শ্বিকের উষ্ণতা, বস্তুর উপাদান, বস্তুর পৃষ্ঠ বা Surface এর প্রকৃতি প্রভৃতির ওপর নির্ভরশীল। যে পদার্থ উত্তম বিকিরক সেই পদার্থ উত্তম শোষকও হয়। বস্তুর Surface বা পৃষ্ঠ যত বেশি অমসৃণ হবে তা তাপ শোষণ ও বিকিরণ তত বেশি করে। অন্যদিকে বস্তুর পৃষ্ঠ মসৃণ ও চকচকে হলে তাপের শোষণ ও বিকিরণ অনেক কম হয়।

দৈনন্দিন জীবনে বিকিরণ পদ্ধতির ব্যবহার

- শীতকালে কালো বর্ণের জামা পরলে আরাম বোধ হয়, কারণ কালো রং সূর্যের বিকীর্ণ তাপ বেশি শোষণ করে এবং দেহকে গরম রাখতে সাহায্য করে। অন্যদিকে সাদা জামা সূর্যের কিরণের বেশি অংশ প্রতিফলিত করে দেয় এবং খুব কম অংশ শোষণ করে। তাই গরমকালে সাদা পোশাক আরামদায়ক হয়।
- রান্নার পাত্রের তলদেশ কালো ও অমসৃণ হলে তা দ্রুত আগুন থেকে তাপ শোষণ করতে পারে। ফলে রান্না তাড়াতাড়ি হয়। অন্যদিকে যদি পাত্রের তলদেশ মসৃণ ও চকচকে হয়, তাহলে তাপের বেশির ভাগ অংশ ওই চকচকে মসৃণ তল দ্বারা প্রতিফলিত হবে এবং কম অংশ শোষণ হবে। ফলে রান্না হতে সময় অনেক বেশি লাগবে।
- বিকিরণের এই নীতিকে কাজে লাগিয়ে থার্মোফ্লাস্ক তৈরি করা হয়। এই ফ্লাস্ক পরিবহন, পরিচলন ও বিকিরণ প্রণালীতে তাপ সঞ্চালন করতে পারে না। ফলে থার্মোফ্লাস্কের ভিতরে থাকা তরল বেশিক্ষণ নিজের উষ্ণতা ধরে রাখতে পারে।

প্রশ্ন: থার্মোফ্লাস্কের নীতি বর্ণনা করো।
উত্তর:



ফ্লাস্কের আভ্যন্তরীণ চিত্র

থার্মোফ্লাস্কে দুই দেওয়াল বিশিষ্ট কাচের পাত্র ব্যবহার করা হয়। কাচ তাপের কুপরিবাহী হওয়ার ফলে পরিবহন প্রণালীতে তাপ সঞ্চালন বাধাপ্রাপ্ত হয়। কাচের দুটি দেওয়ালের মধ্যে বায়ু শূন্য অবস্থা সৃষ্টি করা হয়, ফলে পরিচলন পদ্ধতিতে তাপ সঞ্চালন হতে পারে না। কাচের উভয় দেওয়াল মসৃণ ও রূপার প্রলেপ যুক্ত করা হয়, যার ফলে বিকিরণ প্রক্রিয়া বাঁধা পায়। ফ্লাস্কের মুখ তাপের কুপরিবাহী কর্ক দিয়ে বন্ধ করা হয়। এইভাবে সকল উপায়ে তাপের আদান প্রদান প্রতিহত করা হয় বলে থার্মোফ্লাস্কের মধ্যে রাখা গরম তরল বেশিক্ষণ গরম এবং ঠাণ্ডা তরল বেশিক্ষণ ঠাণ্ডা থাকতে পারে।

তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতির বৈশিষ্ট্য ও পার্থক্য

পার্থক্যের বিষয়	পরিবহন	পরিচলন	বিকিরণ
মাধ্যমের প্রয়োজনীয়তা	হয়	হয়	হয় না
মাধ্যমের কণার উত্তপ্ত হওয়া	হয়	হয়	হয় না
মাধ্যমের কণাগুলোর স্থানচ্যুতি	ঘটে না	ঘটে	মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না; থাকলেও কণার স্থানচ্যুতি ঘটে না
তাপ সঞ্চালনের কৌশল	মাধ্যমের অণু স্পন্দিত হয়ে তাপ সঞ্চালন করে	মাধ্যমের অণু স্থানান্তরিত হয়ে তাপ সঞ্চালন করে	তাড়িতচৌম্বক তরঙ্গাকারে তাপ সঞ্চালিত হয়
তাপ সঞ্চালনের পথ	যেকোনো পথে	নিচ থেকে উপরের যেকোনো পথে	তরঙ্গাকারে ও সরলরেখায়; দ্বৈত ধর্মী
তাপ সঞ্চালনের দ্রুতি	ধীর	অপেক্ষাকৃত দ্রুত	আলোর বেগের সমান
সাধারণত যে পদার্থে ঘটে	কঠিন পদার্থে	তরল ও গ্যাসীয় পদার্থে	স্বচ্ছ পদার্থ বা শুন্যস্থানে

প্রশ্ন: কাঁচের ঘর সবসময় গরম থাকে কেনো?
উত্তর: কাঁচের ঘর সবসময় গরম থাকে কারণ— সূর্য থেকে নির্গত ক্ষুদ্র তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের বিকীর্ণ তাপ কাঁচের মধ্য দিয়ে চলে যেতে পারে। এর ফলে গাছপালা ও মাটি গরম হয়ে যায়। পরে সূর্যালোকের অনুপস্থিতিতে গরম মাটি বা গরম গাছপালা অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের তাপ বিকিরণ করে। এই দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিকীর্ণ তাপ কাঁচের মধ্য দিয়ে বাইরে যেতে পারে না। ফলে কাঁচের ঘরটি বেশ গরম থাকে।

প্রশ্ন: কম্বল দিয়ে ঢেকে রাখলে মানবদেহ শীতের দিনে গরম থাকে অথচ এক টুকরো বরফ কম্বল দিয়ে ঢেকে রাখলে গরমের দিনে ঠান্ডা থাকে কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: কম্বলে ঢেকে রাখলে মানবদেহ শীতের দিনে গরম থাকে অথচ একটুকরো বরফ কম্বল দিয়ে ঢেকে রাখলে গরমের দিনে ঠান্ডা থাকে কারণ— কম্বলের ফাঁকে ফাঁকে অসংখ্য ছিদ্রপথে বায়ু আবদ্ধ থাকে তাই বায়ু তাপের কুপরিবাহী হওয়ায়, কম্বল তাপের কুপরিবাহক। শীতের দিনে মানবদেহ কম্বলে ঢেকে রাখলে কম্বলের মধ্য দিয়ে মানবদেহের তাপ বাইরে যেতে পারে না। ফলে শরীর গরম থাকে। অপরপক্ষে গরমের দিনে বায়ুমন্ডল থেকে তাপ গ্রহণ করে বরফ গলতে থাকে। কিন্তু কম্বলে ঢাকা থাকলে কুপরিবাহক বলে বাইরের তাপ কম্বল ভেদ করে বরফে আসতে পারে না। ফলে বরফ কোনো তাপ গ্রহণ করে না। তাই এটি ঠান্ডাই থাকে।

পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন বা অবস্থান্তর (Change of State)

সংজ্ঞা: তাপ প্রয়োগ বা নিষ্কাশনের ফলে কোনো পদার্থের এক অবস্থা থেকে ভিন্ন অবস্থায় রূপান্তরিত হওয়াকে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন বলে।

পদার্থের অবস্থান্তরের প্রকারভেদ

পদার্থের অবস্থান্তর দুই প্রকার। যথা—

1. উচ্চ অবস্থান্তর (Higher Change of State)
2. নিম্ন অবস্থান্তর (Lower Change of State)

উচ্চ অবস্থান্তর (Higher Change of State): যে অবস্থান্তরের সময় পদার্থের উপর তাপ প্রয়োগ করতে হয় সেই অবস্থান্তর কে উচ্চ অবস্থান্তর বলে। যেমন— গলন ও বাষ্পীভবন।

নিম্ন অবস্থান্তর (Lower Change of State): যে অবস্থান্তরের সময় পদার্থ থেকে তাপ নিষ্কাশন করতে হয় সেই অবস্থান্তর কে নিম্ন অবস্থান্তর বলে। যেমন— ঘনীভবন, কঠিনীভবন ও তুহিনীভবন।

পদার্থের অবস্থার পরিবর্তনের নাম

1. কঠিন + তাপ = তরল → গলন
2. তরল + তাপ = বাষ্প → বাষ্পীভবন
3. কঠিন + তাপ = বাষ্প → ঊর্ধ্বপাতন
4. বাষ্প – তাপ = তরল → ঘনীভবন
5. তরল – তাপ = কঠিন → কঠিনীভবন
6. বাষ্প – তাপ = কঠিন → তুহিনীভবন

গলন

সংজ্ঞা: তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থকে তরলে পরিণত করার প্রক্রিয়াকে গলন বলে। গলন পারিপার্শ্বিক চাপের উপর নির্ভরশীল।

গলনাঙ্ক: নির্দিষ্ট চাপে কোনো বিশুদ্ধ কঠিন পদার্থ যে তাপমাত্রায় তরলে পরিণত হতে শুরু করে, সেই নির্দিষ্ট তাপমত্রাকে ঐ পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

হিমাঙ্ক: নির্দিষ্ট চাপে কোনো বিশুদ্ধ তরল পদার্থ যে তাপমাত্রায় জমে কঠিনে পরিণত হতে শুরু করে, সেই নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে ঐ পদার্থের হিমাঙ্ক বলে।

যেকোনো পদার্থের গলনাঙ্ক (Melting point) এবং হিমাঙ্ক (Freezing point) পারিপার্শ্বিক চাপের উপর নির্ভরশীল।

কঠিনীভবন: পদার্থের তরল অবস্থা থেকে তাপ নিষ্কাশনের মাধ্যমে কঠিনে রূপান্তরিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে কঠিনীভবন বলে।

প্রমাণ চাপ: 76 সেন্টিমিটার পারদস্তম্ভের চাপকে প্রমাণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ বা প্রমাণ চাপ বলা হয়। প্রমাণ চাপে জলের হিমাঙ্ক $0^{\circ}C$। একই ভাবে প্রমাণ চাপে বরফের গলনাঙ্ক $0^{\circ}C$। যতক্ষণ পর্যন্ত পদার্থের গলন বা কঠিনীভবন প্রক্রিয়া সম্পূর্ণ না হয়, ততক্ষণ পদার্থের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

সাধারণত প্রায় সকল কেলাসিত (crystalline) পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান সুনির্দিষ্ট হয়। যেমন— জল, লোহা, তামা, সোনা, পারদ প্রভৃতি।

তবে কয়েকটি এমন অকেলাসিত (Non–crystalline) পদার্থ দেখা যায়, যাদের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান নয় এবং এদের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নেই। যেমন— কাচ, চর্বি, মোম, মাখন প্রভৃতি। এগুলি গলনের পূর্বে একরকম থকথকে অবস্থায় উপনীত হয়। যেমন— মাখন $28^{\circ}C$ থেকে $33^{\circ}C$ এর মধ্যে গলে যায়, আর $23^{\circ}C$ থেকে $20^{\circ}C$ এর মধ্যে জমে কঠিনে পরিণত হয়।

সাধারণ ভাবে কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হলে আয়তনে বাড়ে এবং তরল কঠিনে পরিণত হলে আয়তনে হ্রাস পায়। এই কারণের জন্যই তরল মোম জমে কঠিন হলে তার মধ্যে একটি গভীর খাঁজ সৃষ্টি হয়, কারণ মোম জমে কঠিন হবার সময় তার আয়তন সংকোচন ঘটে।

অন্যদিকে জল, পিতল, লোহা প্রভৃতি পদার্থ তরল থেকে কঠিন হলে আয়তন প্রসারিত হয় এবং কঠিন থেকে তরল অবস্থায় গেলে আয়তন সংকুচিত হয়। এই ধর্ম অনেক সুবিধা সৃষ্টি করে। মুদ্রা, মূর্তি প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকার জিনিস তৈরির সময় তরল ধাতু ছাঁচের মধ্যে ঢেলে দেওয়া হয়। জমে কঠিন হবার সময় এরা আয়তনে বাড়ে এবং ছাঁচের সূক্ষ্ম খাঁজে ঢুকে যায়। ফলে নিখুঁত বস্তু তৈরি হয়।

কোন বস্তু তরল থেকে কঠিনে পরিণত হবার আয়তন বৃদ্ধি পেলে তার ঘনত্ব হ্রাস পায়। যেমন জলের তুলনায় বরফের ঘনত্ব 9% কমে হয়। এই কারণে বরফ জলে সম্পূর্ণ ডুবে যায় না, তার 1/10 ভাগ অংশ জলের উপরে থাকে।

প্রশ্ন: শীত প্রধান দেশে গভীর জলাশয়ের নীচে মাছ ও অন্যান্য জলচর প্রাণী কি ভাবে বেঁচে থাকে?
উত্তর: শীত প্রধান দেশে বা মেরু অঞ্চলে প্রচণ্ড ঠান্ডায় জলাশয়ের জলের উপরিস্তর জমে বরফে পরিণত হয়। বরফ জল অপেক্ষা হালকা তাই জলের উপরতলে ভেসে থাকে। এছাড়া বরফ তাপের কুপরিবাহী বলে নীচের জল $4^{\circ}C$ থেকে খুব বেশি তাপ বায়ুতে পরিবাহিত করতে পারে না। ফলে গভীর জলাশয়ের নীচের জল তরল অবস্থায় থাকে। ফলে মাছ ও অন্যান্য জলচর প্রাণী প্রচণ্ড শীতেও বেঁচে থাকতে পারে।

প্রশ্ন: শীত প্রধান দেশে প্রচণ্ড ঠাণ্ডায় অনেক সময় পানির পাইপ ফেটে যায় কেনো?
উত্তর: পানি বরফে পরিণত হলে আয়তন বেড়ে যায়। শীত প্রধান দেশে প্রচণ্ড ঠাণ্ডায় পানির পাইপের জল জমে বরফে পরিণত হয়। এর ফলে বরফের আয়তন বৃদ্ধি পায়, যার ফলে প্রচণ্ড বল সৃষ্টি হয় এবং পাইপ অনেক সময় ফেটে যায়।

একই কারণে শীতকালে পার্বত্য অঞ্চলে পাথরের খাঁজে জমে থাকা জল কঠিন বরফে পরিণত হয় এবং প্রচণ্ড চাপ সৃষ্টি করে। এই প্রচণ্ড চাপের প্রভাবে পাথরে ফাটল সৃষ্টি হয় ও পাথর ভেঙে পড়ে। শীতের দেশে জমিতেও অনেক সময় এরকম ফাটল সৃষ্টি হয়।

সংকট বা ক্রান্তি তাপমাত্রা: কোনো গ্যাসের তাপমাত্রা ন্যূনতম যে মানের হলে কোনো পরিমাণ চাপ প্রয়োগেই একে আর তরলে পরিণত করা যায় না, তাকে সংকট বা ক্রান্তি তাপমাত্রা বলে। অথবা সর্বোচ্চ যে তাপমাত্রায় থাকলে কোনো গ্যাসকে শুধুমাত্র চাপ প্রয়োগ করে তরলে পরিণত করা যায় তাকে ঐ গ্যাসের সংকট বা ক্রান্তি তাপমাত্রা বলে।

বাষ্প: সাধারণ তাপমাত্রা এবং চাপে যে সকল পদার্থ কঠিন বা তরল অবস্থায় থাকে, ওই সকল পদার্থ এর বায়বীয় অবস্থাকে বাষ্প বলে।

জলীয়বাষ্প: প্রমাণ চাপে পানিকে ১০০°সেলসিয়াস তাপমাত্রায় পানি বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্পে পরিনত পানিকে জলীয় বাষ্প বলে। জলীয়বাষ্প হলো পানির বায়বীয় রূপ।

গ্যাস: সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে যে সকল পদার্থ বায়বীয় অবস্থায় থাকে তাদেরকে গ্যাস বলে। গ্যাসীয় পদার্থ এর তাপমাত্রা সংকট তাপমাত্রা এর নিচে থাকলে তাকে বাষ্প বলে, আর কোন গ্যাসীয় পদার্থ এর তাপমাত্রা সংকট তাপমাত্রা এর উপরে থাকলে তাকে গ্যাস বলে।

বাষ্প ও গ্যাসের মধ্যে পার্থক্য

বাষ্প (Vapor)	গ্যাস (Gas)
সাধারণ তাপমাত্রা এবং চাপে যে সকল পদার্থ কঠিন বা তরল অবস্থায় থাকে, ওই সকল পদার্থ এর বায়বীয় অবস্থাকে বাষ্প বলে।	সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে যে সকল পদার্থ বায়বীয় অবস্থায় থাকে তাদেরকে গ্যাস বলে।
কোনো বায়বীয় পদার্থের তাপমাত্রা সংকট তাপমাত্রা অপেক্ষা কম থাকলে তাকে বাষ্প বলে।	কোনো বায়বীয় পদার্থের তাপমাত্রা সংকট তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশি হলে তাকে গ্যাস বলে।
বাষ্পকে সহজেই চাপ প্রয়োগ করে তরলে রূপান্তরিত করা যায়।	গ্যাসকে শুধু চাপ প্রয়োগে তরলে পরিনত করা যায় না। একে তরলে পরিণত করতে হলে তার তাপমাত্রা সংকট তাপমাত্রার নিচে এনে চাপ প্রয়োগ করতে হবে।
স্বাভাবিক ভাবে বাষ্প বলতে কোনো কঠিন বা তরল পদার্থকে তাপ দিলে যে অবস্থা পাওয়া যায় তাকে বোঝায়।	গ্যাস বলতে এমন পদার্থ বোঝায় যার স্বাভাবিক অবস্থা বাষ্পীয়।
একই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সকল বাষ্পের প্রসারণ একই হয় না।	একই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সকল গ্যাসের প্রসারণ একই হয়।

বাষ্পীভবন (Vaporisation)

সংজ্ঞা: যে পদ্ধতিতে কোন তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাকে বাষ্পীভবন (Vaporisation) বলে।

বাষ্পীভবনের প্রকারভেদ

বাষ্পীভবন দুই প্রকার। যথা—
1. স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়ন (Evaporation)
2. স্ফুটন (Boiling)

স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়ন (Evaporation): ধীরে ধীরে তরল থেকে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে বাষ্পায়ন বলা হয়। ভেজা কাপড় শুকনো হওয়া, গরমকালে নদী, পুকুর প্রভৃতি জলাশয়ের জল কমে যাওয়া বা শুকিয়ে যাওয়া বাষ্পায়নের কারণে ঘটে।

স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়নের বৈশিষ্ট্য

- বাষ্পায়ন সর্বদা তরলের উপরিতল থেকে হয়।
- বাষ্পায়ন অতি ধীর গতি প্রক্রিয়া এবং এটি নিঃশব্দে হয়।
- যেকোন উষ্ণতায় বাষ্পায়ন হতে পারে।
- বাষ্পায়নে পরিপার্শ্ব থেকে তাপ শোষিত হয়, ফলে শীতলতা সৃষ্টি হয়।

স্বতঃবাষ্পীভবন বা বাষ্পায়নের হার পরিবর্তনের কারণ বা বাষ্পায়নের নির্ভরশীলতা

1. **বায়ুর শুষ্কতা:** বায়ু যত শুষ্ক হবে, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হবে। এই কারণে বর্ষা অপেক্ষা শীতকালে কাপড় দ্রুত শুষ্ক হয়।

2. **পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা বা তরল সংলগ্ন বায়ুর উষ্ণতা:** তরল ও তরল সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে বাষ্পায়নের হার দ্রুত হয়। এই কারণে গ্রীষ্মকালে জল দ্রুত শুকিয়ে যায়।

3. **তরলের উপরতলের ক্ষেত্রফল:** তরলের উপরতলের ক্ষেত্রফল যত বেশি হয় বাষ্পায়ন তত দ্রুত হয়।

4. **তরলের প্রকৃতি:** তরল যত উদ্বায়ী হবে বাষ্পায়ন তত দ্রুত হবে।

5. **বায়ুমণ্ডলের চাপ:** বায়ুমণ্ডলের চাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে বাষ্পায়নের হার হ্রাস পায়।

6. **বায়ু চলাচল:** তরলের উপর দিয়ে বায়ু চলাচল যত বেশি হয়, তত দ্রুত বাষ্পায়ন হয়।

বাষ্পায়নের কারণে ভেজা জামা পড়ে পাখার নীচে দাঁড়ালে ঠাণ্ডা অনুভব হয়। পাখার হাওয়ায় জামার পানি দ্রুত বাষ্পীভূত হয় ও বাষ্পায়নের প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ শরীর থেকে গ্রহণ করে। ফলে তাপমাত্রা হ্রাস পায় ও ঠাণ্ডা বোধ হয়। একই কারণে গরমের দিনে দেখা যায় যে কুকুর জিভ বার করে বসে থাকে। দেহের থেকে তাপ সংগ্রহ করে জিভের জল বাষ্পীভূত হয়, ফলে কুকুরের শরীর শীতল হয়।

স্ফুটন (Boiling): খুব দ্রুত তরল অবস্থা থেকে বাষ্পে পরিণত হবার পদ্ধতিকে স্ফুটন (Boiling) বলে। স্ফুটন একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয়। যতক্ষণ সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত না হয়, ততক্ষণ এই তাপমাত্রা স্থির থাকে।

স্ফুটনাঙ্ক: যে তাপমাত্রায় পৌঁছালে তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়, সেই তাপমাত্রাকে স্ফুটনাঙ্ক বলে।

স্ফুটনের বৈশিষ্ট্য

- স্ফুটন তরলের সমস্ত অংশ থেকে হয়।
- এটি অত্যন্ত দ্রুতগতি প্রক্রিয়া।
- প্রমাণ চাপে স্ফুটন একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয়।
- স্ফুটনে তাপের উদ্ভব হয়।
- স্ফুটনে শব্দ সৃষ্টি হয়।

স্ফুটনের হার পরিবর্তনের কারণ বা স্ফুটনের নির্ভরশীলতা

1. **বায়ুর চাপ:** বায়ুর চাপ বৃদ্ধি পেলে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় আর চাপ হ্রাস করলে স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পায়। উঁচু পাহাড়ের উপর বায়ুর চাপ কম বলে সেখানে অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় পানি বাষ্পীভূত হয়।

2. **অপদ্রব্যের উপস্থিতি:** তরলে কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকলে তার স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। যেমন পানির সাথে লবণ মিশ্রিত থাকলে তার স্ফুটনাঙ্ক $100^{\circ}C$ থেকে বেড়ে যায়।

3. **তরলের প্রকৃতি:** যে সব তরলের অণুগুলির মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল বেশি তাদের স্ফুটনাঙ্ক বেশি হয়।

স্ফুটন ও বাষ্পায়নের মধ্যে পার্থক্য

স্ফুটন	বাষ্পায়ন
তাপ প্রয়োগে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরলের সকল স্থান থেকে দ্রুত বাষ্পে পরিণত হওয়ার ঘটনাকে স্ফুটন বলে।	যে কোন তাপমাত্রায় তরলের শুধুমাত্র উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পায়ন বলে।
স্ফুটন একটি দ্রুত প্রক্রিয়া।	বাষ্পায়ন একটি ধীর প্রক্রিয়া।
স্ফুটনের ক্ষেত্রে অণুসমূহ পৃষ্ঠতল ত্যাগ করে না।	বাষ্পায়নের ক্ষেত্রে অণুসমূহ পৃষ্ঠতল ত্যাগ করে।
স্ফুটনের সময় তরলের তাপমাত্রা স্থির থাকে।	বাষ্পায়নের সময় তরলের তাপমাত্রা হ্রাস পায়।
নির্দিষ্ট চাপে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তরলের স্ফুটন ঘটে।	সব তাপমাত্রাতেই তরল পদার্থের বাষ্পায়ন ঘটে।
স্ফুটনকালে তরল পদার্থের মধ্যে বুদবুদ সৃষ্টি হয়।	বাষ্পায়নের সময় তরল পদার্থের কোন বুদবুদ সৃষ্টি হয় না।
স্ফুটনের ক্ষেত্রে বাইরে থেকে চাপ প্রয়োগ করতে হয়।	বাষ্পায়ন প্রাকৃতিক ভাবেই হয়।
স্ফুটন সমগ্র তরল জুড়েই হয়।	বাষ্পায়ন তরলের উপরিভাগে হয়।
স্ফুটন বায়ুতে অবস্থানরত জলীয় বাষ্পের উপর নির্ভর করে না।	বায়ুতে জলীয় বাষ্প থাকলে তথা আদ্র আবহাওয়ায় অত্যন্ত ধীর গতিতে বাষ্পায়ন সংঘটিত হয়।
স্ফুটন দৃশ্যমান প্রক্রিয়া।	বাষ্পায়ন অদৃশ্য প্রক্রিয়া।
স্ফুটন স্বশব্দে সংঘটিত হয়।	বাষ্পায়ন নিঃশব্দে সংঘটিত হয়।

প্রশ্ন: প্রেসার কুকারের নীতি বর্ণনা করো।
অথবা, প্রেসার কুকারে রান্না করলে সময় কম লাগে কেনো? ব্যাখ্যা কর।
উত্তর: স্ফুটনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাবকে কাজে লাগিয়ে তৈরি করা হয় প্রেসার কুকার। এটি এমনভাবে তৈরি করা হয় যাতে এর মধ্যে বায়ুর চাপ স্বাভাবিকের চেয়ে বেশি হয়ে যায়, ফলে জলের স্ফুটনাঙ্ক বেড়ে যায়। এর ফলে রান্না দ্রুত হয় ও জ্বালানির খরচ কম হয়।

প্রশ্ন: সাধারণ পদার্থের বাষ্পীভবন প্রক্রিয়া কিভাবে হয়ে থাকে? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: কোনো পদার্থের তরল অবস্থা থেকে বায়বীয় অবস্থায় পরিবর্তন কে বাষ্পীভবন বলে। সাধারণ পদার্থের বাষ্পীভবন দুটি প্রক্রিয়ায় হয়ে থাকে। যথা—

1. তাপ প্রয়োগে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরলের সকল স্থান থেকে বাষ্পীভবন ঘটে।
2. যে কোনো উষ্ণতায় তরলের উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পীভবন ঘটে।

ঊর্ধ্বপাতন (Sublimation)

সংজ্ঞা: কঠিন পদার্থ থেকে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হবার পদ্ধতিকে ঊর্ধ্বপাতন বলা হয়। এক্ষেত্রে বস্তু তরলে পরিণত হয় না।

যখন কোনো কঠিন পদার্থের উপর চাপের হ্রাস ঘটিয়ে তার স্ফুটনাঙ্ক কক্ষ তাপমাত্রার নিচে নামিয়ে আনা হয়, তখন তাপ প্রয়োগে সেই পদার্থ সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থা লাভ করে।

কর্পূর ($C_{10}H_{16}O$), ন্যাপথালিন ($C_{10}H_8$), আয়োডিন (I), গন্ধক (S), নিশাদল (NH_4Cl), বেনজিন (C_6H_6) প্রভৃতি পদার্থের ঊর্ধ্বপাতন দেখা যায়।

উদ্বায়ী বা ঊর্ধ্বপাতিত পদার্থ: যে সকল পদার্থ কে তাপ দিলে তরলে পরিনত না হয়ে সরাসরি বাষ্পে পরিনত হয় তাকে উদ্বায়ী বা ঊর্ধ্বপাতিত পদার্থ বলে।

প্রশ্ন: ঊর্ধ্বপাতিত পদার্থগুলোকে তাপ দিলে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় কেন?
উত্তর: যেসকল পদার্থকে তাপ দিলে কঠিন থেকে সরাসরি বাষ্পে রূপান্তরিত হয়, তাদেরকে ঊর্ধ্বপাতিত পদার্থ বলে। আর যে প্রক্রিয়ায় ঊর্ধ্বপাতিত পদার্থের অবস্থার রূপান্তর ঘটে, তাকে ঊর্ধপাতন বলে।

স্বাভাবিকভাবে যে সকল পদার্থের ত্রৈধ বিন্দুতে বাষ্পচাপ বায়ুমন্ডলীয় চাপ অপেক্ষা কম থাকে, সেই সকল কঠিন পদার্থকে তাপ দিলে তা প্রথমে তরলে এরপর বাষ্পে রূপান্তরিত হয়। এক্ষেত্রে এ সকল পদার্থের অণু উচ্চচাপের কারণে খুব বেশি বিচ্ছিন্ন হওয়ার সুযোগ পায় না। বরং বায়ুমন্ডলীয় চাপ বেশি হওয়ায় তাদের অণু বিচ্ছিন্ন হতে বাধা পায়। তাই এরা তরলে পরিনত হয়।

কিন্তু যেসকল পদার্থের ত্রৈধ বিন্দুতে বাষ্প চাপ বায়ুমন্ডলীয় চাপ (1 atm) অপেক্ষা বেশি তাদের অণু পরস্পর হতে বিচ্ছিন্ন হওয়ার মতো প্রয়োজনীয় নিম্নচাপ পেয়ে যায়। এবং এক্ষেত্রে বায়ুমন্ডলের চাপ কম হওয়ায়, অণুর বিচ্ছিন্ন হওয়া প্রতিরোধ করার মতো চাপ বায়ুমন্ডল দিতে পারে না। ফলে ঐ পদার্থ এর সকল অণুই বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। আর পদার্থের সকল অণুই বিচ্ছিন্ন হয়ে গেলে তা বাষ্পে পরিনত হয়।

তাই এসকল তরল ভৌত অবস্থার অস্তিত্ব থাকে না। মূলত দুর্বল আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বলের কারণে কঠিন অবস্থায় এদের তাপ দিলে এরা সহজেই বন্ধন শক্তির থেকে বেশি শক্তি পেয়ে যায়। এবং এজন্য এদের ত্রৈধ বিন্দুতে চাপও বেড়ে যায়। একারণেই ঊর্ধ্বপাতিত পদার্থগুলোকে তাপ দিলে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়।

ঘনীভবন (Condensation)

সংজ্ঞা: বাষ্প থেকে তরলে পরিণত হবার প্রক্রিয়াকে ঘনীভবন বলা হয়। বিভিন্ন কারণে, বিভিন্ন অবস্থায় বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং এর ফলে মেঘ, কুয়াশা, শিশির প্রভৃতি সৃষ্টি হয়ে থাকে।

সম্পৃক্ত বায়ু (Saturated air): কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু সর্বোচ্চ যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প ধারণ করতে পারে তা দ্বারা পূর্ণ হলে সেই বায়ুকে সম্পৃক্ত বায়ু (Saturated air) বলে।

শিশিরাঙ্ক (Dew point): যে তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু তাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়, তাকে ওই বায়ুর শিশিরাঙ্ক (Dew point) বলে।

শিশির: রাতের বেলা ঘাস, গাছপালা ইত্যাদির উপর যে বিন্দু বিন্দু পানি জমে, তাকে শিশির বলে। সন্ধ্যার পরে তাপমাত্রা ক্রমশ কমতে থাকলে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় বায়ুমণ্ডল জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়ে জলীয়বাষ্পগুলো শিশিরে পরিণত হয়।

সাধারণত দিনের বেলা ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ুও অসম্পৃক্ত অবস্থায় থাকে। কিন্তু রাতের বেলা ভূপৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করে ঠাণ্ডা হয়ে যায়। ফলে ভূপৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ক্রমশ ঠাণ্ডা হয়ে যায়। এক সময় তা শিশিরাঙ্কতে পৌঁছায়, অর্থাৎ জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হয়। এরপর তাপমাত্রা আর একটু কমলে কিছু বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয়ে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণা আকারে পাতা, ঘাস প্রভৃতির উপর জমা হয়, যা শিশির নামে পরিচিত। সাধারণত শরৎকালের ভোরবেলা শিশির জমা হতে দেখা যায়।

প্রশ্ন: শিশির পড়ে কেন?
উত্তর: নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুর জলীয়বাষ্প ধারণ করার ক্ষমতা সীমাবদ্ধ। তাপমাত্রা বাড়লে ঐ স্থানের জলীয়বাষ্প ধারণ করার ক্ষমতা বেড়ে যায়। যখন কোনো স্থানে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ পরিমাণ জলীয়বাষ্প থাকে, তখন ঐ স্থানকে জলীয়বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত বলা হয়। বায়ু জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত হলে ঐ বায়ু আর জলীয়বাষ্প ধারণ করতে পারে না। এরপর ঐ স্থানের বায়ুর তাপমাত্রা ক্রমশ হ্রাস পেলে বায়ুর জলীয়বাষ্প ধারণ ক্ষমতা ক্রমশ হ্রাস পায়। ফলে ধারণ ক্ষমতার বাইরে অবশিষ্ট জলীয়বাষ্প ঘনীভূত হয়ে শিশিরে পরিণত হয়।

শিশির সৃষ্টির জন্য অনুকূল পরিবেশ
- মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ।
- কম বায়ু চলাচল।
- বাতাসে প্রচুর পরিমাণ জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি।
- তাপের ভাল বিকিরক ও কুপরিবাহী সান্নিধ্য।

মেঘ: জলীয়বাষ্প পূর্ণ বাতাস নানা কারণে হালকা হয়ে উপরে উঠে যায়। উচ্চতা বাড়লে বায়ুর চাপ কমে যায় ও আয়তনে বেড়ে যায়। ফলে তা শীতল হয়ে যায়। তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কের নীচে গেলে বায়ুতে বর্তমান জলীয় বাষ্প বাতাসে ভাসমান ধূলিকণাকে আশ্রয় করে জলবিন্দু আকারে ভেসে থাকে। একে মেঘ বলে।

কুয়াশা (Fog) কুহেলিকা (Mist): শীতকালে ভোরবেলা কুয়াশা দেখা যায়। কোন কারণে বিস্তীর্ণ অঞ্চলের বায়ুর উষ্ণতা হ্রাস পেয়ে শিশিরাঙ্কের নীচে নেমে গেলে ওই বায়ুমণ্ডলে বর্তমান জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণায় পরিণত হয়। এই জলকণাগুলি বাতাসে ভাসমান ধূলিকণা, কয়লার সূক্ষ্ম গুঁড়ো প্রভৃতিকে আশ্রয় করে ভাসতে থাকে। একে কুয়াশা (Fog) বা কুহেলিকা (Mist) বলে।

শহরাঞ্চল বা শিল্পক্ষেত্রে প্রচুর পরিমাণ সূক্ষ্ম ধূলিকণা বাতাসে মিশে থাকে। ফলে ঘন কুয়াশা সৃষ্টি হয়। এই কুয়াশার সাথে কলকারখানা ও গাড়ির ধোঁয়া মিশে সৃষ্টি হয় ধোঁয়াশা।

কঠিনীভবন (Solidification) বা হিমন (Freezing)

সংজ্ঞা: তাপ নিষ্কাশনের ফলে কোনো তরল পদার্থের কঠিন পদার্থে পরিণত হওয়ার ঘটনাকে কঠিনীভবন বলে। একে হিমায়ন বা জমাটবদ্ধভবন নামেও অভিহিত করা হয়।

তুহিনীভবন

সংজ্ঞা: কোনো কোনো বাষ্পীয় পদার্থ তাপ বর্জন করে তরলে রূপান্তরিত না হয়ে সরসরি কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়, একে তুহিনীভবন বলে। তুহিনীভবন হলো ঊর্ধ্বপাতনের বিপরীত প্রক্রিয়া।

বস্তুর উপর তাপের প্রভাব ও গতিতত্ত্বের সম্পর্ক

সকল পদার্থই ক্ষুদ্রতম কণিকা দ্বারা তৈরি এবং তা কঠিন, তরল অথবা গ্যাসীয় এই অবস্থার যে কোনো একটি অবস্থায় থাকে। সকল অবস্থায় পদার্থের কণাসমূহ গতিশীল থাকে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে পদার্থের অণুসমূহের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায়। যদি কোনো পদার্থের অণুসমূহের গতিশক্তি আন্তঃআণবিক আকর্ষণ অপেক্ষা কম হয় তবে ঐ বস্তুটি কঠিন অবস্থা প্রাপ্ত হয়। কঠিন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করলে এক পর্যায়ে পদার্থের অণুসমূহের গতিশক্তি, অণুসমূহের আন্তঃআণবিক শক্তির প্রায় সমান হয়। ফলে পদার্থটি তরল অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

আবার, তরল পদার্থে তাপ প্রয়োগ করলে পদার্থের অণুসমূহের গতিশক্তি, অণুসমূহের আন্তঃআণবিক শক্তিকে অতিক্রম করে। ফলে, পদার্থের অণুসমূহ মুক্তভাবে চলাচল করতে পারে। অর্থাৎ তরল পদার্থটি গ্যাসীয় অবস্থা লাভ করে। তরল পদার্থ থেকে তাপ হ্রাস করা হলে অণুসমূহের গতি হ্রাস পেয়ে গতিশীলতা শূন্য হয়ে তরল পদার্থ কঠিন অবস্থা লাভ করে।

গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব

চাপের জন্য গলনাঙ্কের পরিবর্তন দুইভাবে হতে পারে। যথা—

1. কঠিন থেকে তরলে রূপান্তরের সময় যেসব পদার্থের আয়তন হ্রাস পায় (যেমন বরফ, বিসমাথ, ঢালাই লোহা, পিতল ইত্যাদি), চাপ বাড়ালে তাদের গলনাঙ্ক হ্রাস পায়। অর্থাৎ চাপ বাড়ালে তারা স্বাভাবিকের চেয়ে কম তাপমাত্রায় গলতে শুরু করে। এর কারণ হলো— চাপ বাড়ালে পদার্থগুলোর আয়তন কমে, যা ওদের গলনে সাহায্য করে, ফলে গলনাঙ্ক কমে যায়। পরীক্ষা করে জানা যায়, এক বায়ুমন্ডলীয় চাপ বৃদ্ধিতে বরফের গলনাঙ্ক 0.0073°C কমে যায়।

2. কঠিন থেকে তরলে রূপান্তরের সময় যেসব পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায় (যেমন মোম, তামা, সোনা ইত্যাদি), চাপ বাড়ালে তাদের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ তারা স্বাভাবিকের চেয়ে বেশি তাপমাত্রায় গলতে শুরু করে। এর কারণ হলো— চাপ বাড়ালে পদার্থগুলির আয়তন বৃদ্ধিতে বাধা পায়, ফলে গলনাঙ্ক বাড়ে।

স্ফুটনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব

কোনো তরলের স্ফুটনাঙ্ক প্রদত্ত চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ কমালে স্ফুটনাঙ্ক কমে যায় আবার চাপ বাড়ালে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ স্ফুটনাঙ্ক তরল পদার্থের উপরস্থ চাপের উপর নির্ভরশীল।

স্ফুটনের সময় কোনো তরল পদার্থের উপর চাপ বৃদ্ধি করলে, তরল হতে উত্থিত বাষ্পীয় অণুকে ঐ চাপের বিরুদ্ধে কাজ করে বের হতে হয়। ফলে অণুগুলো উষ্চ তাপমাত্রায় উত্তেজিত হয় এবং তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি হয়। আবার চাপ কমালে স্ফুটনাঙ্ক কম হয়। কারণ চাপ কমালে তরল হতে উত্থিত বাষ্পীয় অণু পূর্ব অপেক্ষা কিছুটন মুক্তাবস্থায় থাকে। ফলে অণুগুলো অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় উত্তেজিত হয়ে তরল হতে বের হয়ে যায়। ফলে চাপ হ্রাসে তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা কম হয়।

প্রশ্ন: একই পদার্থের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ভিন্ন হয় কেনো?
উত্তর: এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে তাপ প্রদানের ফলে যে তাপমাত্রায় কোনো কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে উক্ত কঠিন পদার্থের গলনাঙ্ক বলে। আবার এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে তাপ প্রদানের ফলে যে তাপমাত্রায় কোনো পদার্থ তরল অবস্থা থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিবর্তিত হয় সেই তাপমাত্রাকে উক্ত তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বলে। কোনো পদার্থের তরল অবস্থা অপেক্ষা গ্যাসীয় অবস্থায় কণাগুলোর কম্পন বেশি থাকে। তাই বাষ্পীভূত হওয়ার জন্য বস্তুর অণুসমূহের গতিশক্তি বেশি হওয়া প্রয়োজন। আর বেশি গতিশক্তির অর্জনের জন্য বেশি তাপশক্তির প্রয়োজন। তাই স্ফুটনাঙ্ক, গলনাঙ্ক অপেক্ষা বেশি হয় অর্থাৎ একই পদার্থের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক ভিন্ন হয়।

পুনঃশিলীভবন: কঠিন পদার্থকে চাপ প্রয়োগে তরলে এবং চাপ অপসারণে পুনরায় কঠিন অবস্থায় পরিণত করার প্রক্রিয়াকে পুনঃশিলীভবন বলে।

বিজ্ঞানী বটমলির পুনঃশিলীভবন পরীক্ষা



বটমলির পরীক্ষার সাহায্যে পুনঃশিলীভবন প্রক্রিয়াটি অতি সহজে বোঝা যায়। একটি সুরু তামার তারের দুই প্রান্তে দুটি ওজন বেঁধে নিয়ে বড় একটি বরফের টুকরোর উপর মাঝে ভার দেয়া হয়। কিছুক্ষণ পর দেখা যাবে, ওজন দুটির ভারে তামার তারটি বরফের টুকরোকে সম্পূর্ণ কেঁটে নিচে নেমে এসেছে। কিন্তু বরফ খন্ডটি দুভাগে বিভক্ত না হয়ে অবিভক্ত থাকে। কারণ— পুনঃশিলীভবনের জন্য এমনটি ঘটে। ওজনের নিম্নমূখী টানে বরফ সংলগ্ন তামার তার নিচের বরফের উপর চাপ দেয়। ফলে ঐ স্থানের বরফের গলনাঙ্ক 0°C এর নিচে নেমে যায় এবং তারের নিচের বরফ গলে পানিতে পরিণত হয়। বরফ গলনের জন্য প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ তামার তার ও পার্শ্বস্থ বায়ুমন্ডল থেকে সংগ্রহ করে। বরফ গলিত পানি ভেদ করে তামার তার একটু নিচে নামার সাথে সাথে উপরের পানির চাপ কমে যায়। ফলে এর গলনাঙ্ক বেড়ে গিয়ে আবার স্বাভাবিক হয়। ফলে বরফ গলিত পানি জমাট বেঁধে পুনরায় বরফে পরিণত হয়। জমে বরফ হওয়ার সময় পানি কিছুটা সুপ্ততাপ পরিত্যাগ করে। এই তাপ তামার তার বেয়ে নিচে নেমে যায় এবং নিচের বরফকে গলিয়ে ফেলে। এভাবে তারটি আস্তে আস্তে সম্পূর্ণ বরফ কেঁটে বের হবে কিন্তু বরফটি বিভক্ত হবে না। কারণ তারটি নিচে নামার সাথে উপরের গলিত পানি বরফ হয়ে পুনরায় জোড়া লাগিয়ে দেয়।

বটমলির পরীক্ষার শর্তাবলী

1. পরীক্ষণের সময় কক্ষ তাপমাত্রা 0°C এর বেশি থাকতে হবে যাতে পাশ্বর্স্থ বায়ু বরফ গলনের প্রয়োজনীয় তাপ সরবরাহ করতে পারে।
2. তারটিকে তাপের সুপরিবাহী হতে হবে। ধাতু বা তামার সরু তারের পরিবর্তে শক্ত সুতো ব্যবহার করে পরীক্ষাটি করা যায় না। কারণ সুতো তাপের কুপরিবাহী হওয়ায় পরিবেশ থেকে বরফকে তাপ সরবরাহ করতে পারে না, তেমনি বরফগলা জল থেকে বর্জিত সপ্ততাপকে নিচের বরফে পরিবাহিত করতে পারে না। ফলে সুতো বরফ কাটতে পারবে না।
3. ধাতব তারটি সরু হতে হবে। কারণ তারটি সরু হলে ওর ঠিক নিচের বরফের উপর বেশি চাপ পড়বে। ফলে তারটি সহজে বরফখণ্ডটিকে কাটতে পারবে।

প্রশ্ন: দুই টুকরো বরফ এক সাথে চেপে ধরলে জোড়া লেগে যায় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: পুনঃশিলীভবনের জন্য দুই টুকরো বরফ এক সাথে চেপে ধরলে জোড়া লেগে যায়। আমরা জানি বরফের গলনাঙ্ক 0°C। যখন বরফ টুকরো দুটির উপর চাপ দেয়ার ফলে এদের সংযোগস্থলে গলনাঙ্ক 0°C এর নিচে নেমে আসে। কিন্তু সংযোগস্থলের তাপমাত্রা 0°C থাকায় ঐ জায়গার বরফ গলে যায়। এরপর যখন চাপ অপসারণ করা হয় তখন গলনাঙ্ক পুনরায় পূর্বাবস্থায় তথা 0°C এ ফিরে আসে। ফলে সংযোগস্থলের বরফগলা পানি জমাট বেঁধে টুকরো দুটিকে জুড়ে দেয়।

প্রশ্ন: পাহাড়ের চূড়ায় রান্না করা দূরূহ কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: ভূপৃষ্ঠ থেকে যত উপরে উঠা যায় বায়ুচাপ তত কমতে থাকে। পরীক্ষা করে দেখা যায় প্রতি কিলোমিটার উচ্চতার জন্য 85 cm পারদ স্তম্ভের চাপ হ্রাস পায়। আমরা জানি, তরলের উপর চাপ কমলে স্ফুটনাঙ্ক কমে। পাহাড়ের চূড়ায় বায়ুচাপ কম হওয়ায় সেখানে পানির স্ফুটনাঙ্ক কম হয়। অর্থাৎ রান্নার জন্য ব্যবহৃত পানি কম তাপমাত্রায় ফুটতে শুরু করে, কিন্তু খাদ্যবস্তু দ্রুত সিদ্ধ হয় না। খাদ্যবস্তু সুসিদ্ধ হওয়ার জন্য যে তাপের প্রয়োজন হয়, পানি কম তাপমাত্রায় ফুটে বাষ্পীভূত হতে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ গ্রহণ বলে খাদ্যবস্তু পর্যাপ্ত তাপ পায় না। ফলে সুউচ্চ পাহাড় বা পর্বতের উপর রান্না করা দূরূহ হয়ে পড়ে।

প্রশ্ন: প্রেসার কুকারের কার্যপ্রণালী বর্ণনা করো।
উত্তর: প্রমাণ চাপে (1 atm) পানির (স্বাভাবিক) স্ফুটনাঙ্ক 100°C। উচ্চচাপে পানি স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কের চেয়ে বেশি উষ্ণতায় ফোটে। এ নীতি ব্যবহার করে 1681 সালে ডেনিস পেপিন নামে জনৈক ফরাসী প্রেসার কুকার উদ্ভাবন করেন। তার নামানুসারে প্রেসার কুকারকে 'পেপিনের ডাইজেস্টার' নামে অভিহিত করা হয়।
প্রেসার কুকারের কার্যপ্রণালী: প্রেসার কুকারের মূল পাত্রের মধ্যে পানি ও অন্যান্য খাদ্যবস্তুকে রেখে কুকারের মুখ ঢাকনা দিয়ে বায়ুনিরুদ্ধ ভাবে বন্ধ করা হয়। এই অবস্থায় কুকারটিকে জ্বলন্ত উনুনের উপর বসালে পাত্রের মধ্যে জলীয়বাষ্প জমা হতে থাকে। ফলে পাত্রের অভ্যন্তরে বাষ্পের চাপ ক্রমশ বেড়ে বায়ুমন্ডলীয় (1 atm) চাপের থেকে বেশি হয় এবং পাত্রের পানি প্রায় 120°C উষ্ণতায় ফুটতে শুরু করে। ঐ উষ্ণতায় প্রেসার কুকারের ভিতরের খাদ্যবস্তু সহজে এবং কম সময়ে সিদ্ধ হয়।

প্রশ্ন: একই পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্কের তাপমাত্রা একই হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: স্বাভাবিক চাপে যে তাপমাত্রায় কোনো কঠিন পদার্থ গলে তরলে পরিণত হয় সেই তাপমাত্রাকে ঐ কঠিন পদার্থের গলনাঙ্ক বলে। কঠিন অবস্থায় পদার্থের কণাগুলি একে অপরের খুব নিকটে থাকার কারণে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল সবচেয়ে বেশি থাকে। কঠিন পদার্থকে তাপ দিলে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ভেঙ্গে গিয়ে তরলে পরিণত হয়। কঠিন পদার্থটি সম্পূর্ণ তরলে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত তাপমাত্রা স্থির থাকে। কারণ এই অবস্থায় যে তাপ দেওয়া হয় পদার্থটি সেই তাপ শোষণ করে তার মধ্যে আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল ভাঙতে ব্যবহার করে। এজন্যে এ তাপকে সুপ্ততাপ বলে।

আবার, স্বাভাবিক চাপে যে তাপমাত্রায় কোন তরল পদার্থ কঠিন পদার্থে পরিণত হয় তাকে হিমাঙ্ক বলে। এক্ষেত্রেও তরল পদার্থটি সম্পূর্ণ কঠিন পদার্থে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত সুপ্ততাপ ব্যবহার করে তাপমাত্রা স্থির রাখে। কোনো কঠিন পদার্থকে তাপ দিতে থাকলে যে তাপমাত্রায় গলতে শুরু করে, একই তাপ অপসারণ করার ফলে ঐ একই তাপমাত্রায় পদার্থটি জমে কঠিন হতে শুরু করে। অর্থাৎ গলে যাওয়া এবং হিমায়িত হওয়া একে অপরের বিপরীত প্রক্রিয়া। তাই একই পদার্থের গলনাঙ্কের তাপমাত্রা ও হিমাঙ্কের তাপমাত্রা একই হয়ে থাকে।

স্বাভাবিক চাপে বিভিন্ন পদার্থের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক

পদার্থের নাম	গলনাঙ্ক (°C)	স্ফুটনাঙ্ক (°C)	পদার্থের নাম	গলনাঙ্ক (°C)	স্ফুটনাঙ্ক (°C)
বরফ	0	100	গ্রাফাইট	3675	4027
পানি	0	100	হাইড্রোজেন	–250	–253
হীরা	3550	4827	অক্সিজেন	–218	–183
সোনা	1065	2710	নাইট্রোজেন	–210	–196
রূপা	961	2162	হিলিয়াম	–270	–269
তামা	1085	2562	আয়োডিন	114	184
লোহা	1540	2890	ম্যাগনেসিয়াম	650	1120
দস্তা	420	907	ম্যাঙ্গানিজ	1246	2040
সীসা	327	1740	নিকেল	1453	2913
পারদ	–39	357	ফসফরাস	44	218
টিন	232	2690	পটাশিয়াম	63	766
অ্যালুমিনিয়াম	660	2519	সোডিয়াম	98	890
ট্যাংস্টেন	3422	5555	সালফার	119	445
প্লাটিনাম	1770	3800	লিথিয়াম	181	1330
সিলিকন	1410	3265	ক্লোরিন	–101	–34
ক্যাডমিয়াম	321	767	কোবাল্ট	1495	2880
ক্যালসিয়াম	842	1484	ব্রোমিন	–7	58

হিমমিশ্র (Freezing mixture): হিমমিশ্র দুটি পদার্থের মিশ্রণ, যাদের অন্তত একটি বা উভয়ই সাধারণ উষ্ণতায় গলে যায় এবং মিশ্রণের উষ্ণতা উল্লেখযোগ্যভাবে হ্রাস পায় তাকে হিমমিশ্র (Freezing mixture) বলে। যেমন— সম পরিমাণ জল ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট তার তাপমাত্রা হয় -15°C।

কোন পদার্থের গলনাঙ্ক বা হিমাঙ্ক পদার্থে উপস্থিত অপদ্রব্য দ্বারা প্রভাবিত হয়। আমরা জানি, বরফের তাপমাত্রা 0°C। কিন্তু তিনভাগ গুঁড়ো বরফের সাথে এবং একভাগ পরিষ্কার লবণ মেশানো হলে মিশ্রণের তাপমাত্রা হয় প্রায় -23°C। এই প্রকার মিশ্রণ হিমমিশ্র নামে পরিচিত।

হিমমিশ্রের ব্যবহারিক প্রয়োগ

- মাছ, মাংস প্রভৃতি দূর স্থানে নিয়ে যাওয়ার জন্য হিমমিশ্র দিয়ে ঢেকে রাখা হয়।
- কুলপি, বরফ, আইসক্রিম প্রভৃতি বানাতে বরফ ও লবণের হিমমিশ্র ব্যবহার হয়।
- বিভিন্ন বৈজ্ঞানিক কাজে হিমমিশ্র ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন: শীতপ্রধান দেশে মোটর গাড়ির রেডিয়েটরের পানির সাথে হিমমিশ্র ব্যবহার করা হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: শীতপ্রধান দেশে মোটর গাড়ির রেডিয়েটরের পানি জমে বরফে পরিণত হয়, যা রেডিয়েটরের পাইপ ফাটিয়ে দিতে পারে। এই কারণে শীতপ্রধান দেশে রেডিয়েটরে পানির সাথে ইথিলিন গ্লাইকল (Ethylene Glycol) নামক অ্যালকোহল বা গ্লিসারিন মিশিয়ে হিমমিশ্র তৈরী করা হয়। ফলে মিশ্রণের হিমাঙ্ক অনেক কম হওয়ায় রেডিয়েটরের পানি জমে যায়না।

গলন ও বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ

গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ: তাপমাত্রা গলনাঙ্কে স্থির রেখে একক ভরের কোনো পদার্থকে শুধুমাত্র কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত করতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাকে বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ বলে

বাষ্পীয়ভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ: তাপমাত্রা স্ফুটনাঙ্কে স্থির রেখে একক ভরের কোনো পদার্থকে শুধুমাত্র তরল অবস্থা থেকে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তরিত করতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তাকে বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ বলে

গলন ও বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপকে সাধারণত L দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এদের মাত্রা, $[L] = L^2T^{-2}$ এবং M.K.S পদ্ধতিতে একক J kg^{-1}

বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ

সংজ্ঞা: 0°C তাপমাত্রায় 1 kg ভরের বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয়, তাকে বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ বলে। ইহাকে L_f দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে ইহার একক J kg^{-1}। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপের মান, $L_f = 336000$ J kg^{-1}।

পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ

সংজ্ঞা: 100°C তাপমাত্রায় 1 kg ভরের পানিকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয়, তাকে পানির বাষ্পীভবনে আপেক্ষিক সুপ্ততাপ বলে। ইহাকে L_V দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে ইহার একক J kg^{-1}। পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপের মান, $L_V = 2268000$ J kg^{-1}।

কঠিন ও তরল পদার্থের তাপধারণ সক্ষমতা বা ক্ষমতা

সংজ্ঞা: কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে তাপধারণ ক্ষমতা বলে। ইহাকে C দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে ইহার একক J K^{-1}। তাপধারণ ক্ষমতার মাত্রা, $[C] = ML^2T^{-2}\theta^{-1}$।

প্রশ্ন: তাপধারণ ক্ষমতার রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে?
উত্তর: কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে তাপধারণ ক্ষমতা বলে। তাপ ধারণক্ষমতা বস্তুর উপাদান এবং ভরের উপর নির্ভরশীল। নির্দিষ্ট বস্তুর উপাদান নির্দিষ্ট থাকে। তাই নির্দিষ্ট বস্তুর ভর বাড়ালে বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন: কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা 1800 J K^{-1} বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে তাপধারণ ক্ষমতা বলে। কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা 1800 J K^{-1} বলতে বুঝায়—
- বস্তুটির তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে 1800 J তাপের প্রয়োজন হবে।
- বস্তুর ভর এবং আপেক্ষিক তাপের গুণফলের মান হবে 1800 J K^{-1}

কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ

সংজ্ঞা: 1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে তার আপেক্ষিক তাপ বলে। ইহাকে S দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ একক ভরের বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতাই হলো ঐ বস্তুর আপেক্ষিক তাপ। M.K.S পদ্ধতিতে ইহার একক J kg^{-1} K^{-1}। আপেক্ষিক তাপের মাত্রা, $[S] = L^2T^{-2}K^{-1}$

আপেক্ষিক তাপ পদার্থের আণবিক গঠন এবং উপাদানের উপর নির্ভর করে। তাই এটি নির্দিষ্ট উপাদানের পদার্থের ক্ষেত্রে ধ্রুব রাশি। ইহাকে আপেক্ষিক তাপধারণ ক্ষমতা নামেও অভিহিত করা হয়।

প্রশ্ন: আপেক্ষিক তাপের রাশিমালা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন: রুপার আপেক্ষিক তাপ 230 J $kg^{-1}K^{-1}$ বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: 1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে তার আপেক্ষিক তাপ বলে। রুপার আপেক্ষিক তাপ 230 J $kg^{-1}K^{-1}$ বলতে বুঝায়—

- 1 kg ভরের রুপার তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে 230 J তাপের প্রয়োজন হয়।
- 1 kg ভরের রুপার তাপধারণ ক্ষমতা 230 JK^{-1}।

বিভিন্ন কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ

পদার্থের নাম	আপেক্ষিক তাপ (J $kg^{-1}K^{-1}$)	পদার্থের নাম	আপেক্ষিক তাপ (J $kg^{-1}K^{-1}$)
বরফ	2100	টিন	210
পানি	4200	কাঁচ	670
জলীয় বাষ্প	2000	দস্তা	380
লোহা	460	পারদ	140
সীসা	130	গ্লিসারিন	2350
তামা	400	দুধ	3930
সোনা	126	মাটি	800
রুপা	230	তারপিন তেল	1800
পিতল	380	অক্সিজেন	910
মানবদেহ	3470	বায়ু	1050
অ্যালুমিনিয়াম	900	বেনজিন	1700

প্রশ্ন: তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J $kg^{-1}K^{-1}$ বলতে কী বুঝ? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: 1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে তার আপেক্ষিক তাপ বলে। তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J $kg^{-1}K^{-1}$ বলতে বুঝায়, 1 kg তামার তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে 400 J তাপের প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন: আপেক্ষিক তাপ ও তাপধারণ ক্ষমতার মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন করো।

তাপধারণ ক্ষমতা ও আপেক্ষিক তাপের পার্থক্য

তাপধারণ ক্ষমতা	আপেক্ষিক তাপ
কোন বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা 1 K বাড়াতে যে তাপ লাগে তাকে ঐ বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা বলে।	1 kg ভরের কোনো বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বৃদ্ধি করতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে তার আপেক্ষিক তাপ বলে।
তাপ ধারণ ক্ষমতার একক J K^{-1}	আপেক্ষিক তাপের একক J $kg^{-1}K^{-1}$
তাপধারণ ক্ষমতার মাত্রা, [C] = $ML^2T^{-2}\theta^{-1}$	আপেক্ষিক তাপের মাত্রা, [S] = $L^2T^{-2}K^{-1}$
তাপধারণ ক্ষমতা বস্তুর একটি বৈশিষ্ট্য। একই উপাদানে তৈরি বিভিন্ন ভরের বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বিভিন্ন।	আপেক্ষিক তাপ হলো বস্তু উপাদানের বৈশিষ্ট্য। একই উপাদানের সকল বস্তুর আপেক্ষিক তাপ একই।
বস্তুর ভরকে আপেক্ষিক তাপ দ্বারা গুণ করলে তাপ ধারণ ক্ষমতা পাওয়া যায়। অর্থাৎ C = mS	বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা কে ভর দ্বারা ভাগ করলে আপেক্ষিক তাপ পাওয়া যায়। অর্থাৎ S = C/m

বস্তুর তাপমাত্রা বাড়াতে প্রয়োজনীয় তাপের নির্ভরশীলতা

বস্তুর তাপমাত্রা বাড়াতে প্রয়োজনীয় তাপ তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল। যথা—

1. বস্তুর ভর (m)।
2. বস্তুর আপেক্ষিক তাপ (s)।
3. উষ্ণতার পরিবর্তন ($\Delta\theta$)।

প্রয়োজনীয় তাপ এই তিনটি বিষয়ের সাথে সামানুপাতিক সম্পর্ক যুক্ত। অর্থাৎ কোনো বস্তুর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ বাড়াতে প্রয়োজনী তাপ Q হলে—

$$Q = m\,s\,\Delta\theta$$

ক্যালরিমিটার: ক্যালরিমিতির মূলনীতির উপর ভিত্তি করে যে যন্ত্রের সাহায্যে বস্তুর আপেক্ষিক তাপ ও সুপ্ততাপ পরিমাপ করা হয়, তাকে ক্যালরিমিটার বলে।

তাপ একপ্রকার ভৌত পরিমাপযোগ্য রাশি, তবে বস্তুর তাপ সরাসরি পরিমাপ করা যায় না। বস্তু যখন তাপ গ্রহন বা বর্জন করে তখন তার তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। তাপমাত্রার এই হ্রাস-বৃদ্ধি থেকেই তাপ পরিমাপ করা হয়।

ক্যালরিমিটার হলো একটি চোঙাকৃতি তামার পাত্র, যা অপরিবাহী কাঠের ব্লকে বসানো থাকে। যাতে কোন তাপ ক্যালরিমিটার পাত্রের বাইরে না যেতে পারে। এরপর যে বস্তুর তাপ মাপা হবে তাকে ক্যালোরিমিটারে প্রবেশ করিয়ে ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রার হ্রাস বৃদ্ধি ঐ তামার পাত্রের সঙ্গে যুক্ত থার্মোমিটারের সাহায্যে পরিলক্ষিত করা হয়।

ক্যালরিমিতির মূলনীতি

যদি একাধিক বস্তুর মধ্যে বাইরের অন্য কোন তাপ এদের ভিতরে না আসে কিংবা এদের ভিতর থেকে কোন তাপ বাইরে না যায়, কিংবা তাদের মধ্যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া না করে, তাহলে আলাদা তাপমাত্রার বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে এসে তাপের আদান প্রদান করলে, বেশি তাপমাত্রার বস্তুটি তা বর্জন করবে এবং কম তাপমাত্রার বস্তুটি তাপ গ্রহণ করবে।

শক্তির সংরক্ষণশীলতার নীতি অনুযায়ী—

উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = নিম্ন তাপমাত্রার বস্তু কর্তৃক গৃহীত তাপ

তাপের এই আদান প্রদান, বস্তুদ্বয়ের তাপমাত্রা সমান না হওয়া পর্যন্ত চলতে থাকবে। এটিই হলো ক্যালরিমিতির মূলনীতি।

তাপশক্তির হিসাব

তাপশক্তি কয়েকটি উপায়ে হিসাব করা যায়। যথা—

- S আপেক্ষিক তাপ বিশিষ্ট m ভরের বস্তুর তাপমাত্রা $\Delta\theta$ পরিবর্তনের কারণে গৃহীত বা বর্জিত তাপ Q হলে, $Q = m\,S\,\Delta\theta = mgh = \frac{1}{2}mv^2$
- L আপেক্ষিক সুপ্ততাপ বিশিষ্ট m ভরের বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তন না ঘটিয়ে অবস্থার পরিবর্তনের কারণে গৃহীত বা বর্জিত তাপ Q হলে, $Q = m\,L$
- বাহ্যিক ΔW পরিমাণ কাজের মাধ্যমে অন্তঃস্থ শক্তির পরিবর্তন ΔU হলে, প্রদত্ত তাপশক্তি, $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$

তাপীয় সাম্যাবস্থা বা সমতা (Thermal Equilibrium): যে অবস্থায় পরস্পরের সংস্পর্শে থাকা বস্তুগুলোর মধ্যে তাপের আদান প্রদান ঘটে না, তাকে তাপীয় সাম্যাবস্থা বা সমতা বলে। একে তাপগতীয় সাম্যাবস্থা বা সমতা নামেও অভিহিত করা হয়। সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের সকল বিন্দুতে তাপগতীয় স্থানাঙ্ক অর্থাৎ চাপ, আয়তন, তাপমাত্রার মান সমান।

তাপগতিবিদ্যা (Thermodynamics): পদার্থবিজ্ঞানের যে শাখা তাপ ও যান্ত্রিক শক্তির মধ্যে সম্পর্ক নিয়ে আলোচনা করা হয়, তাকে তাপগতিবিদ্যা (Thermodynamics) বলে।

কার্য তাপের তুল্যতা

জুলের সূত্র: 1847 সালে বিজ্ঞানী জুল তাপ ও কাজের মধ্যে একটি সম্পর্ক স্থাপন করেন। কোনো বস্তু পরিবেশের মধ্যে তাপের প্রবাহ ততক্ষণ পর্যন্ত ঘটায় যতক্ষণ পর্যন্ত তাদের মধ্যে তাপমাত্রার পার্থক্য বজায় থাকবে। শক্তির রূপান্তরের নিয়ম অনুসারে তাপশক্তি ও ভিন্ন কোনো শক্তির মধ্যে আন্তঃরূপান্তর সম্ভব। বিজ্ঞানী জুলের তাপ ও কাজের সম্পর্ক সূচক সূত্রটিকে কার্য তাপের তুল্যতা সূত্র বলে। সূত্রটি নিম্নরূপ—

সূত্র: "যখন সমস্ত কাজ তাপ শক্তিতে কিংবা তাপ সম্পূর্ণরূপে কাজে পরিণত হয়, তখন কাজ ও তাপ পরস্পরের সামানুপাতিক হয়।"

যদি W পরিমান যান্ত্রিক কাজের রূপান্তরের ফলে H পরিমান তাপ উৎপন্ন হয়। তাহলে কার্য তাপের তূল্যতা সূত্রানুসারে পাই—

$W \propto H$

বা, $W = JH$

এখানে J হলো একটি সামানুপাতিক ধ্রুবক। একে তাপের তাপের যান্ত্রিক সমতা বা তুল্যাঙ্ক বা জুল তুল্যাঙ্ক বলে।

তাপের যান্ত্রিক সমতা বা তুল্যাঙ্ক বা জুল তুল্যাঙ্ক: এক ক্যালরি তাপ উৎপাদন করতে যত জুল কাজ সম্পাদন করতে হয় তাকে তাপের যান্ত্রিক সমতা বা তুল্যাঙ্ক বা জুল তুল্যাঙ্ক বলে। ইহাকে J দ্বারা প্রকাশ করা হয়। J এর মান 4.2 $J\ cal^{-1}$.

এনট্রপি বা বিশৃঙ্খলা: তাপীয় সিস্টেমের শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাকে এনট্রপি বা বিশৃঙ্খলা বলে। এনট্রপিকে S দ্বারা প্রকাশ করা হয়। M.K.S পদ্ধতিতে এর একক $J\ K^{-1}$ বা $kg\ m^2\ s^{-2}\ K^{-1}$। এনট্রপির মাত্রা, $[S] = ML^2T^{-2}\theta^{-1}$

তাপীয় মৃত্যু: মহাবিশ্বের এনট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌঁছাবে, তখন সব কিছুর তাপমাত্রা সমান হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে জগতের তাপীয় মৃত্যু বলে।

প্রশ্ন: কিভাবে মহাবিশ্বের তাপীয় মৃত্যু ঘটবে? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চেষ্টা করে। একটি সিস্টেম যতই সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় ততই তার কাছ থেকে কাজ পাওয়ার সম্ভাবনা কমে যায়, সাম্যাবস্থায় পৌছলে সিস্টেম থেকে আর কাজই পাওয়া যায় না। সিস্টেমের এই শক্তি রূপান্তরের অক্ষমতাই হচ্ছে এনট্রপি।

এক বা একাধিক সিস্টেম যত সাম্যাবস্থার দিকে এগিয়ে যায় তাদের এনট্রপিও তত বাড়তে থাকে। সাম্যাবস্থায় এনট্রপি সবচেয়ে বেশি হয়। যেহেতু প্রকৃতিতে সবকিছুই সাম্যাবস্থা পেতে চায়, তাই বলা যায় জগতে তাপীয় এনট্রপি ক্রমাগত বাড়ছে। জগতে এনট্রপি যখন সর্বোচ্চে পৌঁছাবে তখন সব কিছুর তাপমাত্রা এক হয়ে যাবে। ফলে তাপশক্তিকে আর যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই অবস্থাকে বিজ্ঞানী লর্ড কেলভিন জগতের তাপীয় মৃত্যু নামে অভিহিত করেছেন।

তাপীয় সিস্টেম (Thermal System)

তাপীয় সিস্টেম (Thermal System): পরীক্ষা নিরীক্ষার সময় জড় জগতের যে নির্দিষ্ট তাপীয় অংশ বিবেচনা করা হয়, তাকে তাপীয় সিস্টেম বলে। অর্থাৎ তাপগতিবিদ্যার কোন পরীক্ষা নিরীক্ষার জন্য কোন তল বা বেষ্টনী দ্বারা সীমাবদ্ধ নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসকে তাপগতীয় সিস্টেম বা তাপীয় সিস্টেম বলে। একে তাপীয় সংস্থা বা ব্যবস্থা নামেও অভিহিত করা হয়। প্রত্যেক তাপীয় সিস্টেমের একটা নির্দিষ্ট আয়তন, ভর ও অন্তঃস্থ শক্তি থাকবে।

পরিপার্শ্ব বা পরিবেশ (Surrounding): সিস্টেমের বাহিরে সবকিছুকেই এর পরিপার্শ্ব বা পরিবেশ (Surrounding) বলে। যেমন— পিস্টন ও সিলিন্ডারের আশেপাশের বায়ু হলো এর পরিপার্শ্ব।

অন্যভাবে বলা যায়, কোনো নির্দিষ্ট ব্যবস্থার সাথে শক্তি বিনিময়ে সক্ষম যে কোনো ব্যবস্থাকে ওই ব্যবস্থার পরিপার্শ্ব বা পরিবেশ (Surrounding) বলে।

তাপীয় সিস্টেমের প্রকারভেদ

তাপীয় সিস্টেম তিন ধরনের হয়। যথা—

1. উন্মুক্ত সিস্টেম
2. বন্ধ সিস্টেম
3. বিচ্ছিন্ন সিস্টেম

উন্মুক্ত সিস্টেম: যে তাপীয় সিস্টেম পরিবেশের সাথে ভর ও শক্তি উভয়ই বিনিময় করতে পারে, তাকে উন্মুক্ত সিস্টেম বলে।

বন্ধ সিস্টেম: যে তাপীয় সিস্টেম পরিবেশের সাথে শুধু শক্তি বিনিময় করতে পারে কিন্তু ভর বিনিময় করতে পারে না, তাকে বন্ধ সিস্টেম বলে।

বিচ্ছিন্ন সিস্টেম: যে তাপীয় সিস্টেম পরিবেশ দ্বারা মোটেও প্রভাবিত হয় না। অর্থাৎ এক্ষেত্রে ভর ও শক্তি কিছুই বিনিময় করে না, তাকে বিচ্ছিন্ন সিস্টেম বলে।

তাপগতীয় প্রক্রিয়া

সংজ্ঞা: যে প্রক্রিয়ায় তাপীয় সিস্টেমের তাপগতীয় চলকসমূহ পরিবর্তিত হয় তাকে তাপগতীয় প্রক্রিয়া বলে।

তাপীয় সিস্টেমে বিভিন্ন প্রকার তাপগতীয় প্রক্রিয়া

তাপগতিবিদ্যায় মোট চার ধরনের তাপগতীয় প্রক্রিয়া রয়েছে। যথা—

1. সমোষ্ণ প্রক্রিয়া (Isothermal process)
2. রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া (Adiabatic process)
3. সমচাপ প্রক্রিয়া (Isobaric process)
4. সমআয়তন প্রক্রিয়া (Isochronic process)

সমোষ্ণ প্রক্রিয়া (Isothermal process): যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসীয় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু তাপমাত্রা স্থির থাকে সেই পরিবর্তনকে সমোষ্ণ প্রক্রিয়া (isothermal process) বলে।

রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া (Adiabatic process): যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসীয় সিস্টেমের চাপ ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু পরিবেশের সাথে তাপের আদান প্রদান হয় না তাকে রুদ্ধতাপীয় প্রক্রিয়া বলে।

সমচাপ প্রক্রিয়া (Isobaric process): যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসীয় সিস্টেমের তাপমাত্রা ও আয়তনের পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু চাপ অপরিবর্তিত থাকে তাকে সমচাপ প্রক্রিয়া বলে।

সমআয়তন প্রক্রিয়া (Isochronic process): যে তাপগতীয় প্রক্রিয়ায় কোনো গ্যাসীয় সিস্টেমের চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু আয়তন অপরিবর্তিত থাকে তাকে সমআয়তন প্রক্রিয়া বলে।

প্রত্যাবর্তী ও অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া

কোনো সিস্টেম যখন এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় পরিবর্তিত হয় তখন অবস্থার এই পরিবর্তন দু'ভাবে সংঘটিত হতে পারে। যথা—

1. প্রত্যাবর্তী বা উভোমুখী প্রক্রিয়া (reversible process)
2. অপ্রত্যাবর্তী বা একমুখী প্রক্রিয়া (irreversible process)

প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া: যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করে এবং সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রক্রিয়ার প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় সেই প্রক্রিয়াকে প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে। যেমন—

- বরফ তাপ শোষণ করে পানিতে পরিণত হয়। আবার সেই পানি থেকে সমপরিমাণ তাপ অপসারণ করলে তা পুনরায় বরফে পরিণত হবে। এটি প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার একটি উদাহরণ।

- স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে খুব ধীরে ধীরে কোনো স্প্রিং এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা সংকোচন প্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়ার আর একটি উদাহরণ। যেহেতু সম্প্রসারণের সময় স্প্রিং এর ওপর যে কাজ সম্পাদিত হয় সংকোচনের সময় স্প্রিংও সেই পরিমাণ কাজ সম্পাদন করে।

অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া: যে প্রক্রিয়া বিপরীতমুখী হয়ে প্রত্যাবর্তন করতে পারে না অর্থাৎ সম্মুখবর্তী ও বিপরীতমুখী প্রতি স্তরে তাপ ও কাজের ফলাফল সমান ও বিপরীত হয় না তাকে অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া বলে। যেমন—

- দুটি বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণের জন্য যে তাপ সৃষ্টি হয় তা একটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া। কারণ ঘর্ষণের বিরুদ্ধে যে কাজ হয় তাই তাপে পরিণত হয় এবং ঐ তাপকে কোনোভাবেই কাজে রূপান্তরিত করা যায় না।

প্রশ্ন: তাপের পরিবহন একটি অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া— ব্যাখ্যা কর।
উত্তর: তাপ সর্বদা উচ্চ তাপমাত্রার বস্তু থেকে নিম্ন তাপমাত্রার বস্তুতে সঞ্চালিত হয়। নিম্ন তাপমাত্রার বস্তু থেকে তাপ উচ্চ তাপমাত্রার বস্তুতে কখনও সঞ্চালিত হয় না। এজন্য তাপের পরিবহন অপ্রত্যাবর্তী প্রক্রিয়া।

প্রশ্ন: একটি কাঁচের পাত্রে পারদ রেখে উত্তপ্ত করা হলে প্রথমে পারদের উচ্চতা কমে তারপর বাড়তে থাকে কেনো?
উত্তর: কাঁচের পাত্রে পারদ রেখে যদি গরম করা হয় তাহলে প্রথমে পারদের উচ্চতা কমে যাবে কারণ তাপ দেওয়ার পারদের তাপমাত্রা বাড়ার আগে কাঁচের তাপমাত্রা বেড়ে যাবে এবং তার প্রসারণ হবে। অর্থাৎ কাঁচের পাত্রটি একটু বড় হয়ে যাবে ফলে পারদ এর উচ্চতা কমে যাবে। যদি আরও তাপ দেওয়া হয় তাহলে উচ্চতা বেড়ে যাবে। যেহেতু পারদের প্রসারণ বেশি তাই উচ্চতা বৃদ্ধি পাবে।

প্রশ্ন: মহাশূন্যে যেখানে অণু পরমাণু নেই সেখানে কি তাপমাত্রা অস্তিত্ব আছে?
উত্তর: পদার্থের অণুগুলো সব সময় গতিশীল অবস্থায় থাকে। তাই এদের গতিশক্তি আছে। কোন পদার্থের মোট তাপের পরিমাণ এর মধ্যস্থিত অণুগুলোর মোট গতিশক্তির সামানুপাতিক। যেহেতু মহাশূন্যে অণু পরমাণু নেই, তাই সেখানে তাপের সৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা নেই। অতএব তাপমাত্রা অস্তিত্ব অকল্পনীয়।

প্রশ্ন: অনেক ভীড়ের ভিতরে ভ্যাপসা গরম থেকে খোলা জায়গায় এলে শীতল অনুভব করি কেনো?
উত্তর: মানুষ নিঃশ্বাসের সাথে CO_2 ত্যাগ করে। এ CO_2 পরিবেশে তাপ ধারণ করে রাখে। ফলে ভিড়ের ভিতরে প্রচুর CO_2 নিঃসরিত হয় যা, ঐ স্থানের তাপমাত্রা বাড়িয়ে দেয়। খোলা জায়গায় গেলে CO_2 বাতাসে ছড়িয়ে যায় বলে তা বেশি তাপধারণ করতে পারে না। তাই ভীড় হতে খোলা জায়গায় এলে শীতলতা অনুভব হয়।

প্রশ্ন: কাঁচের গ্লাসে পানিতে বরফ দিলে গ্লাসের গায়ে বিন্দু বিন্দু পানি জমে কেনো?
উত্তর: কাচের গ্লাসে পানিতে বরফ দিলে গ্লাসের পানির তাপমাত্রা কমে যায় এবং পরিবেশের সাথে তাপমাত্রার তারতম্যের সৃষ্টি হয়। কাঁচের গ্লাসের বাইরের দিকে বায়ু গ্লাসের সংস্পর্শে অবস্থান করে। বাইরে তাপের সাথে ভিতর তাপের আদান প্রদান হয়। বায়ুতা হারিয়ে ভিতরে তাপের সমান হতে চায় অর্থাৎ সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করতে চায়। এমতাবস্থায় বায়ু তা হারিয়ে গ্লাসের গায়ে বিন্দু বিন্দু পানি রূপে অবস্থান করে।

প্রশ্ন: প্রেসার কুকারে তাড়াতাড়ি রান্না করা যায় কেনো?
উত্তর: চাপের কারণে স্ফুটনাঙ্কের পরিবর্তন হয়। চাপ কম হলে স্ফুটনাঙ্ক কমে যায়, বেশি হলে স্ফুটনাঙ্ক বেড়ে যায়। প্রেসার কুকার একটি নিশ্ছিদ্র পাত্র তাই রান্না করার সময় বাষ্প আবদ্ধ হয়ে চাপ বাড়িয়ে দেয়। ফলে পানির স্ফুটনাঙ্ক বেড়ে যায় বলে পানি বেশি তাপমাত্রায় ফোঁটে। তাই প্রেসার কুকারে তাড়াতাড়ি রান্না করা যায়।

প্রশ্ন: শীতকালে একই উষ্ণতায় থাকা একটি কাঠের দন্ড এবং একটি লোহার দন্ড হাত দিয়ে স্পর্শ করলে লোহার দন্ডকে বেশি ঠাণ্ডা মনে হয় কেন?
উত্তর: শীতকালে সম উষ্ণতায় থাকা একটি কাঠের দন্ড এবং একটি লোহার দন্ড হাত দিয়ে স্পর্শ করলে লোহার দন্ডকে বেশি ঠাণ্ডা মনে হয়। এর কারণ হল— লোহা তাপের সুপরিবাহী হওয়ায় এটি আমাদের দেহ থেকে দ্রুত তাপের পরিবহণ ঘটায়। ফলে লোহার স্পর্শে কাঠের চেয়ে আমাদের দেহে শীতলতার অনুভূতি বেশি জন্মায়।

প্রশ্ন: কোনো বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করলে সাধারণত এটি প্রসারিত হয়, এর ব্যতিক্রম আছে কি?
উত্তর: কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করলে এটি প্রসারিত হয়। তরল পদার্থের ক্ষেত্রেও এরূপ ঘটে। কিন্তু এর ব্যতিক্রম হয় শুধুমাত্র পানির ক্ষেত্রে। 0°C তাপমাত্রার পানিকে উত্তপ্ত করলে এর তাপমাত্রা 4°C উন্নীত হওয়া পর্যন্ত আয়তন বৃদ্ধির বদলে হ্রাস পায়। 4°C এর পর থেকে পানিতে তাপ প্রয়োগের সাথে সাথে সাধারণ নিয়মানুসারে আয়তন বাড়তে থাকে।

প্রশ্ন: 4°C তাপমাত্রায় পানির ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তরল পদার্থের তাপ প্রয়োগ করলে তার আয়তন বাড়ে এবং তার অপসারণ করলে আয়তন কমে। কিন্তু পানির ক্ষেত্রে এর ব্যতিক্রম দেখা যায়। 0°C তাপমাত্রার পানিকে উত্তপ্ত করলে এর তাপমাত্রা 4°C উন্নীত হওয়া পর্যন্ত আয়তন বৃদ্ধির বদলে হ্রাস পায়। এরপর তাপমাত্রা আরও বাড়ালে সাধারণ নিয়মানুসারে আয়তন বাড়তে থাকে। অর্থাৎ 4°C তাপমাত্রায় পানির আয়তন সর্বাপেক্ষা কম হয়। যেহেতু বস্তুর আয়তন তার ঘনত্বের ব্যস্তানুপাতিক, তাই 4°C তাপমাত্রায় পানির ঘনত্ব সবচেয়ে বেশি।

প্রশ্ন: ঋতু পরিবর্তনে স্থলভাগের বিস্তীর্ণ অঞ্চলের তাপমাত্রার পরিবর্তনের তুলনায় দ্বিপাঞ্চলের তাপমাত্রার পরিবর্তন অনেক কম হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: পানির আপেক্ষিক তাপ অনেক বেশি 4200 $J kg^{-1} K^{-1}$ এবং মাটির আপেক্ষিক তাপ প্রায় ৪00 $J kg^{-1} K^{-1}$। অর্থাৎ নির্দিষ্ট পরিমাণ মাটির তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে যে তাপের প্রয়োজন হয় তার সমপরিমাণ পানির তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে তার পাঁচগুণের চেয়েও বেশি তাদের প্রয়োজন হয়। আবার 1 K তাপমাত্রা কমানোর জন্য মাটির চেয়ে পানিকে অনেক বেশি তা বর্জন করতে হয়। এর ফলে স্থলভাগের চেয়ে সামুদ্রিক অঞ্চলের তাপমাত্রা অনেক ধীরে ধীরে বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়। যেহেতু দ্বীপগুলো পানি দ্বারা বেষ্টিত থাকে, তাই ঋতু পরিবর্তনে স্থলভাগের বিস্তীর্ণ অঞ্চলের তাপমাত্রার পরিবর্তনের তুলনায় দ্বিপাঞ্চলের তাপমাত্রার পরিবর্তন অনেক কম হয়।

প্রশ্ন: কোনো বস্তুতে অন্তর্নিহিত তাপশক্তির পরিমাণ কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে উদাহরণসহ ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: কোন বস্তুতে অন্তর্নিহিত তাপ শক্তির পরিমাণ বা তাপধারণ ক্ষমতা নিম্নোক্ত তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে। যথা—
বস্তুর ভর: একই পদার্থের বিভিন্ন ভরের বস্তুর তাপমাত্রা সমপরিমাণ বৃদ্ধি করতে বিভিন্ন পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয়। এক কাপ পানি গরম করতে যে তাপশক্তির প্রয়োজন হয়, তার চেয়ে অনেক বেশি তাপশক্তির প্রয়োজন হয় এক কেতলি পানি গরম করতে।
বস্তুর উপাদান: সমভরের বিভিন্ন উপাদানের বস্তুর সমপরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। এক কিলোগ্রাম অ্যালুমিনিয়ামের তাপমাত্রা একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধি করতে যে তাপের প্রয়োজন হয়, এক কিলোগ্রাম পানির তাপমাত্রা ঐ একই পরিমাণ বৃদ্ধি করতে প্রায় পাঁচ গুণ বেশি তাপের প্রয়োজন হয়।
তাপমাত্রা বৃদ্ধি: সমভর ও সম উপাদানবিশিষ্ট বস্তুর তাপমাত্রা বিভিন্ন পরিমাণ বৃদ্ধির জন্য বিভিন্ন পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয়। কোন একটি বস্তুর তাপমাত্রা 1 K বাড়াতে যে তাপ লাগে, তার তাপমাত্রা 10 K বাড়াতে দশগুণ বেশি তাপের প্রয়োজন হয়।

প্রশ্ন: পানির আপেক্ষিক তাপ বেশি হওয়ার সুবিধা ও গুরুত্ব ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: পানির আপেক্ষিক তাপ অন্যান্য উপাদান বা পদার্থ থেকে বেশি হওয়ায় পানির মধ্যে তাপের পরিমাণ অন্যান্য পদার্থের চেয়ে অনেক বেশি থাকে। পানির এই ধর্মকে নানা রকম কাজে ব্যবহার করা যায়। যথা—

1. প্রধান দেশে ঘরবাড়ি গরম রাখার জন্য পাইপের ভিতর দিয়ে গরম পানির প্রবাহ পাঠানো হয়।
2. অন্যান্য পদার্থের তুলনায় পানি অনেক দেরিতে উত্তপ্ত হয়। অর্থাৎ পানিকে উত্তপ্ত করতে অনেক বেশি তাপ দিতে হয়। তাই গাড়ির ইঞ্জিনে পানি ব্যবহার করা হয়। এতে ইঞ্জিনের তাপ পানিতে সঞ্চিত হয়। ফলে গাড়ির ইঞ্জিন ঠান্ডা থাকে।
3. গরম সেঁক দেওয়ার বোতলে গরম পানি ব্যবহার করা হয়। একই পরিমাণ যেকোনো তরল পদার্থের চেয়ে পানি একই পরিমাণ গরম হওয়ার সময় অনেক বেশি তাপ গ্রহণ করে। কাজেই ঠান্ডা হওয়ার সময় পানি বেশি তাপ ছাড়ে। এতে পানি ঠান্ডা হতে বেশি সময় নেয়। সুতরাং বোতলে গরম পানি নিলে ওই পানি অনেকক্ষণ গরম থাকে এবং অনেকক্ষণ ধরে সেঁক দেওয়া যায়।
4. পানির আপেক্ষিক তাপ মাটি তুলনায় 5.25 গুণ বেশি। তাই ঋতু পরিবর্তনে স্থলভাগের বিস্তীর্ণ অঞ্চলের তাপমাত্রার পরিবর্তনের তুলনায় দ্বিপাঞ্চলের তাপমাত্রার পরিবর্তন অনেক কম হয়।

প্রশ্ন: ঘর্মাক্ত দেহে পাখার বাতাসে ঠান্ডা অনুভব হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: ঘর্মাক্ত অবস্থায় চলন্ত ফ্যানের নিচে বসলে ঠান্ডা লাগে। এর কারণ হলো ফ্যানের নিচে বসলে ফ্যানের বাতাসে শরীরের ঘাম বাষ্পে পরিণত হওয়া শুরু করে। এজন্য প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ শরীরের মধ্যে থেকে সরবরাহ হয় বলে শরীরের তাপমাত্রা কমে যায় এবং ঠান্ডা অনুভূত হয়।

প্রশ্ন: একটি গ্লাস ও একটি বালতির ভিতরে একই পরিমান পানি রাখলে কোনটির পানি দ্রুত বাষ্পায়িত হবে? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: পানির বাষ্পায়ন কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে। যথা— এর উষ্ণতা, বায়ুর চাপ, বায়ুর শুষ্কতা, পানির উপরিতলের ক্ষেত্রফল ইত্যাদি। একই পরিমাণ পানি গ্লাসে ও বালতিতে রাখলে বালতির পানির উপরিতলের ক্ষেত্রফল বেশি হওয়ায় বালতির পানির বাষ্পায়ন দ্রুত হবে।

প্রশ্ন: জ্বর গায়ে জলপট্টি দিলে তাপমাত্রা হ্রাস পায় কেন? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: জ্বর গায়ে জলপট্টি দিলে তাপমাত্রা হ্রাস পায় কারণ— জ্বর হলে শরীরের তাপমাত্রা বেড়ে যায় অপরপক্ষে জলপট্টির তাপমাত্রা কম থাকে। জলপট্টি দিলে শরীর তাপ হারায় এবং জলপট্টি তাপ গ্রহণ করে। শরীর তাপ হারায় বলে তাপমাত্রা হ্রাস পায়।

প্রশ্ন: অবস্থার পরিবর্তনের সময় বস্তু তাপগ্রহণ করলেও তাপমাত্রা পরিবর্তন ঘটে না কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: অবস্থা পরিবর্তনের সময় বস্তু তাপগ্রহণ করলেও, তাপ বস্তুর কণাগুলোর মধ্যে তার আন্তঃআণবিক বন্ধন ভাঙতে কাজ করে। বন্ধন ভেঙে গেলে তখন বস্তু এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এজন্য অবস্থা পরিবর্তনের সময় বস্তু তাপ গ্রহণ করলে তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন ঘটে না।

প্রশ্ন: বাষ্পায়নের শীতলতার উদ্ভব হয় কেনো? ব্যাখ্যা কর
উত্তর: যেকোনো তাপমাত্রায় তরল কে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পায়ন বলে। বাষ্পায়নের সময় তরল তার আশেপাশের স্থান থেকে সুপ্ততাপ গ্রহণ করে বাষ্পে পরিণত হয়। বাষ্পায়নের সময় আশেপাশের স্থান তাপ হারানোর কারণে আশেপাশের তাপমাত্রা হ্রাস পায়। অর্থাৎ আশপাশের স্থান শীতল হয়। অতএব বলা যায় বাষ্পায়নে শীতলতার উদ্ভব হয়।

প্রশ্ন: ভেজা মেঝে শুকানোর জন্য ফ্যান চালানো হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: ভেজা মেঝে শুকানোর জন্য ফ্যান চালানো হয় কারণ— আমাদের চারপাশের বাতাস জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত না থাকলে তা আরো জলীয় বাষ্প ধারণ করতে পারে। ফ্যান চালালে আশেপাশের বাতাস ভেজা মেঝের পানি সংস্পর্শে আসে এবং সেখান থেকে পানি জলীয় বাষ্প হিসেবে শোষণ করে। ফলে ভেজা মেঝে দ্রুত শুকায়।

প্রশ্ন: বাতাসে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কিভাবে বাষ্পায়ন নিয়ন্ত্রণ করে? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: যেকোনো তাপমাত্রায় তরলের শুধুমাত্র উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পায়ন বলে। বাতাসে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির যত বেশি হয়, বাষ্পায়ন তত কম হয় এবং জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি কম থাকলে বাষ্পায়ন বেশি হয়। এভাবেই বাতাসের জলীয়বাষ্পের পরিমাণ বাষ্পায়ন নিয়ন্ত্রণ করে।

প্রশ্ন: চাপ, পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম— ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য পদার্থের যে ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং এ পরিবর্তন লক্ষ্য করে সহজ ও সুক্ষ্মভাবে তাপমাত্রা নিরূপণ করা যায় সেই ধর্মই পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম। চাপ পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম কারণ তাপমাত্রার হ্রাস বৃদ্ধিতে গ্যাসীয় পদার্থের চাপের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে।

প্রশ্ন: তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে পদার্থের প্রসারণ ঘটে কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে কোন বস্তুর অণুগুলো যখন কাঁপতে থাকে, তখন অণুগুলো একই শক্তি নিয়ে ভিতরের দিকে যতটা সরে আসতে পারে বাইরের দিকে তার চেয়ে বেশি সরে যেতে পারে। ফলে প্রত্যেক অণু গড় সাম্যবস্থান থেকে বাইরের দিকে সরে যায়। এ কারণেই তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে পদার্থের প্রসারণ ঘটে।

প্রশ্ন: 0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানি অপেক্ষা অধিক শীতল কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: 0°C তাপমাত্রার বরফ 0°C তাপমাত্রার পানি অপেক্ষা অধিক শীতল, কারণ আমরা জানি পানিকে বরফে পরিণত করতে প্রথমে 0°C তাপমাত্রার পানিকে 0°C তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে হয়। অতঃপর 0°C তাপমাত্রার বরফকে 0°C এর নিচে যে কোন ঋনাত্মক তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে হয়। তাই পানি হতে ঋণাত্মক তাপমাত্রার বরফে পরিণত করতে পানিকে তাপ বর্জন করতে হয়। এই ভাবেই পানিকে বরফে পরিণত করা হয়। তাই 0°C তাপমাত্রা পানিতে যে তাপ থাকে 0°C তাপমাত্রার বরফে তার থেকে কম তাপ থাকে। তাই বরফ পানি অপেক্ষা বেশি শীতল হয়।

প্রশ্ন: গরমের দিনে মাটির কলসির পানি ঠান্ডা থাকে কেনো? ব্যাখ্যা কর।
উত্তর: বাষ্পায়নের সময় পদার্থ তরল হতে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এ রূপান্তরের জন্য যে পরিমাণ সুপ্ততাপের প্রয়োজন হয়, তরল পদার্থ তা তার সংলগ্ন বস্তু থেকে গ্রহণ করে। মাটির কলসির মধ্যে অতি সূক্ষ্ম ছিদ্র থাকে। এ ছিদ্র দিয়ে পানি বাষ্পায়নের সময় তার প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ কলসির ভিতরের পানি থেকে গ্রহণ করে। ফলে পানির তাপমাত্রা কমে যায়। এজন্য গরমের দিনে মাটির কলসির পানি ঠান্ডা থাকে।

প্রশ্ন: পারদকে তাপমাত্রিক পদার্থ বলা হয় কেনো? ব্যাখ্যা কর।
উত্তর: তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য পদার্থের যে ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং পরিবর্তন লক্ষ্য করে সহজ ও সূক্ষ্মভাবে তাপমাত্রা নিরূপণ করা যায়, সেই ধর্মই পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম। পারদকে তাপমাত্রিক পদার্থ বলা হয় কারণ— থার্মোমিটারের নলের মধ্যে তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য পারদের উচ্চতার হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে।

প্রশ্ন: গ্রীষ্মকালে পুকুরের উপরের পানি উষ্ণ হলেও নিচের পানি শীতল থাকে কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: গ্রীষ্মকালে পুকুরের উপরের পানি উষ্ণ হলেও নিচের পানি শীতল থাকে। কারণ গ্রীষ্মে সূর্যের তাপে পুকুরে উপরের পানি গরম হয়ে ঘনত্ব কমে যায়। ফলে উপরের পানি তুলনামূলকভাবে হালকা হয়ে উপরেই থেকে যায়। আর নিচের পানির তুলনামূলক শীতল থাকে বলে এর ঘনত্ব বেশি থাকে। এবং ভারী থাকে বলে নিচেই থেকে যায়।

প্রশ্ন: 1°C ও এক 1°F এক নয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: 1°C ও এক 1°F এক নয় কারণ ফারেনহাইট স্কেলের এক একক সেলসিয়াস স্কেলের এক এককের 1.8 গুণ। অন্যভাবে বলা যায় বস্তুর প্রতি 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তনে যে পরিমান তাপ প্রয়োজন হয়। প্রতি 1°F তাপমাত্রা পরিবর্তনের তার চেয়ে বেশি তাপের প্রয়োজন হয়। তাই 1°C ও 1°F এক নয়।

প্রশ্ন: IPS এ মাঝে মাঝে পানি দিতে হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: IPS এর ব্যাটারিকে সঞ্চয়ী কোষ বলে। এ ব্যাটারিতে মাঝে মাঝে পানি দিতে হয়, কারণ— এ সকল ব্যাটারিতে H_2SO_4 থাকে। H_2SO_4 এর ঘনত্ব 1.5×10^3 kg m^{-3} থেকে 1.3×10^3 kg m^{-3}। এ ঘনত্ব বেশি হলে কোষটি নষ্ট হয়ে যায়। এ জন্য মাঝে মাঝে প্রয়োজনীয় পরিমাণ পানি দিয়ে ঘনত্ব ঠিক রাখতে হয়।

প্রশ্ন: 'ঘূর্ণিঝড়ের বিধ্বংসী শক্তির অন্যতম উৎস হলো বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ'। ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: পানি তা গ্রহণ করে বাষ্পে পরিণত হয়। এ তাপকে বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ বলে। এ সময় তাপ প্রয়োগে তাপমাত্রার পরিবর্তন হয় না বলে একে সুপ্ততাপ বলে। ঘূর্ণিঝড়ের সময় চাপের তারতম্যের ফলে এ বাষ্প প্রবল বেগে ছুটে যায়। তখন সুপ্ততাপ হিসেবে বাষ্পের মধ্যে পুঞ্জিভূত শক্তি গতিশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। অতএব বলা যায়, ঘূর্ণিঝড়ের বিধ্বংসী শক্তির অন্যতম উৎস হলো বাষ্পীভবনের সুপ্ততাপ।

প্রশ্ন: সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের তাপমাত্রার পার্থক্যের মান একই হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: সেলসিয়াস স্কেলের নিম্নস্থিরাঙ্ক 0°C এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 100°C। অন্যদিকে কেলভিন স্কেলের নিম্নস্থিরাঙ্ক 273.15 K এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 373.15 K। উভয় স্কেলের মৌলিক ব্যবধান 100। উভয় স্কেলের মৌলিক ব্যবধান সমান হওয়ায় তাপমাত্রার পার্থক্যের মানও একই হয়।

প্রশ্ন: কখন নির্দিষ্ট বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: কোন বস্তুর তাপমাত্রা এক একক বাড়াতে যে পরিমাণ তাপের প্রয়োজন হয় তাকে ঐ বস্তুর তাপ ধারণ ক্ষমতা বলে। তাপধারণ ক্ষমতা বস্তুর উপাদান ও ভরের উপর নির্ভরশীল। নির্দিষ্ট বস্তুর উপাদান নির্দিষ্ট থাকে। তাই নির্দিষ্ট বস্তুর ভর বাড়ালে তাপ ধারণক্ষমতা বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন: টেলিগ্রাফ, টেলিফোন ও বিদ্যুৎ লাইনের তারগুলো ঢিলা থাকে কেনো?
উত্তর: টেলিগ্রাফ, টেলিফোন ও বিদ্যুৎ লাইনের দুটি পোস্টের মাঝখানে তার গুলো কিছুটা ঢিলা থাকে। এর কারণ হচ্ছে শীতকালে তাপমাত্রা হ্রাস পেলে তারগুলো সংকুচিত হয়। তারগুলো টান টান থাকলে শীতকালের সংকোচনের ফলে ছিঁড়ে যেতে পারে বা পোস্ট ভেঙ্গে যেতে পারে। তাই এগুলোকে ঢিলা রাখা হয় যাতে সংকোচনের যথেষ্ট সুযোগ পায়।

প্রশ্ন: গ্যাসীয় পদার্থের অণুর বিভবশক্তি নেই কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: গ্যাসীয় অণুসমূহের মধ্যে কোনো আন্তঃআণবিক আকর্ষণ বল নেই বললেই চলে। গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলো অক্রম গতিতে গতিশীল থাকে। ফলে অণুসমূহ নির্দিষ্ট বিন্যাসে সজ্জিত না থেকে বিভিন্ন দিক বিন্যাসে গতিশীল থাকে। তাই এ ক্ষেত্রে অণুসমূহের মধ্যকার শুধু গতিশক্তি থাকে কিন্তু বিভবশক্তি থাকে না।

প্রশ্ন: একই পরিমান তাপ প্রয়োগে বিভিন্ন বস্তুর প্রসারণ ভিন্ন ভিন্ন হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে কোনো বস্তুর অণুগুলো যখন কাঁপতে থাকে তখন অণুগুলো একই শক্তি নিয়ে ভেতরের দিকে যতটা সরে আসতে পারে বাইরের দিকে তার চেয়ে বেশি সরে যেতে পারে। ফলে প্রত্যেক অণু গড় সাম্যাবস্থান থেকে বাইরের দিকে সরে যায়। এ কারণেই তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে পদার্থের প্রসারণ ঘটে। তবে তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের প্রসারণ সবচেয়ে কম এবং বায়বীয় পদার্থের প্রসারণ সবচেয়ে বেশি। কারণ কঠিন পদার্থের অণুসমূহের আন্তঃআণবিক শক্তি বায়বীয় পদার্থের অনুসমূহের আন্তঃআণবিক শক্তি অপেক্ষা বেশি। এজন্যই একই পরিমান তাপ প্রয়োগে বিভিন্ন বস্তুর প্রসারণ বিভিন্ন হয়।

প্রশ্ন: কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ কি কি বিষয়ের উপর নির্ভর করে?
উত্তর: কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ তিনটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে। যথা—

1. আদি দৈর্ঘ্য।
2. তাপমাত্রা বৃদ্ধি।
3. পদার্থের উপাদান তথা দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ।

প্রশ্ন: কোনো পাত্রে তরল পদার্থ রেখে তাপ দিলে প্রথমে তরল স্তম্ভ কিছুটা নিচে নেমে আসে কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপ প্রয়োগে তরল পদার্থের আয়তন বাড়ে। কিন্তু কোনো পাত্রে রেখে তাপ প্রয়োগ করলে পাত্রটি প্রসারিত হয়। এ প্রসারণের ফলে পাত্রের আয়তন বেড়ে যায় কিন্তু তরল প্রথমে প্রসারিত হয় না। এ কারণে প্রথমদিকে তরলের স্তর কিছুটা নিচে নেমে আসে।

প্রশ্ন: বোতলের ছিপি খুলতে একে গরম করা হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: ধাতুর প্রসারণ সহগ কাচের প্রসারণ সহগের চেয়ে বেশি বলে, একই তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বোতলের মুখের চেয়ে ধাতুর তৈরি ছিপি বেশি প্রসারিত হয়। ফলে তাপ দিয়ে সামান্য উত্তপ্ত করলে এটি সহজে খুলে যায়।

প্রশ্ন: আয়তন একটি তাপমাত্রিক ধর্ম। ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য পদার্থের যে ধর্ম নিয়মিতভাবে পরিবর্তিত হয় এবং এর পরিবর্তন লক্ষ্য করে সহজ ও সুক্ষ্মভাবে তাপমাত্রা নিরূপণ করা যায় সেই ধর্মই পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম। আয়তন পদার্থের তাপমাত্রিক ধর্ম। কারণ— তাপমাত্রার হ্রাস বৃদ্ধিতে পদার্থের আয়তনের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে।

প্রশ্ন: পিতলের কলসি অপেক্ষা মাটির কলসির পানি ঠান্ডা লাগে কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: বাষ্পায়নের সময় পদার্থ তরল হতে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। এ রূপান্তরের জন্য যে পরিমাণ সুপ্ততাপের প্রয়োজন হয়, তরল পদার্থ তা তার সংলগ্ন বস্তু থেকে গ্রহণ করে। মাটির কলসির মধ্যে অতি সুক্ষ্ম ছিদ্র থাকে। এ ছিদ্র দিয়ে পানি বাষ্পায়নের সময় তার প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ কলসির ভিতরের পানি থেকে গ্রহণ করে। ফলে পানির তাপমাত্রা কমে যায়। অন্যদিকে পিতলের কলসিতে অতি সুক্ষ্ম ছিদ্র থাকে না। তাই বাষ্পায়নের সময় পিতলের কলসি প্রয়োজনীয় সুপ্ততাপ গ্রহণ করতে পারে না। পিতলের কলসি অপেক্ষা মাটির কলসির পানি ঠান্ডা থাকে।

প্রশ্ন: শীতকালে পুকুরের পানির দ্রুত কমে যায় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: শীতকালে পুকুরে পানির দ্রুত কমে যায়, কারণ— শীতকালে বায়ু শুষ্ক থাকে। যেকোনো তাপমাত্রায় তরলের শুধুমাত্র উপরিতল থেকে ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বাষ্পায়ন বলে। তরল পদার্থের উপরিতলের বাতাস যত শুষ্ক হবে অর্থাৎ বায়ুতে যত কম পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকবে, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হবে। এ কারণে শীতকালে পুকুরের পানি দ্রুত কমে যায়।

প্রশ্ন: মোম গলনের সময় তাপ দিলে তাপমাত্রা পরিবর্তন হয় কি না? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থকে তরলে পরিণত করার প্রক্রিয়াকে গলন বলে। সমস্ত পদার্থ না গলা পর্যন্ত এই তাপমাত্রায় স্থির থাকে। অর্থাৎ যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কঠিন পদার্থ গলতে শুরু করে সেই তাপমাত্রাকে গলনাঙ্ক বলে। যেহেতু মোম কঠিন পদার্থ তাই মোম গলনের সময় তাপ দিলেও তাপমাত্রার কোনো পরিবর্তন হবে না।

প্রশ্ন: গরমের দিনে সাদা কাপড় ও শীতের দিনে রঙ্গিন কাপড় ব্যবহার করা আরামদায়ক কেনো? ব্যাখ্যা করো।
উত্তর: যে কাপড় যত বেশী তাপ শোষণ করে উত্তপ্ত হয়, সে কাপড় ব্যবহার করলে ততবেশী গরম লাগে সাদা বস্তুর তাপ শোষণ ক্ষমতা একেবারেই কম। অপরদিকে রঙিন বা কৃষ্ণ বস্তুর তাপ শোষণ ক্ষমতা বেশী। তাই গরমের দিনে সূর্যের বিকীর্ণ তাপ সাদা কাপড়ের উপর পড়লে বিকীর্ণ তাপের বেশীর ভাগই প্রতিফলিত হয়ে যায়। ফলে সাদা কাপড়ের তাপমাত্রা সামান্যই বাড়ে। অপরপক্ষে রঙিন বা কালো কাপড় সূর্যের বিকীরিত তাপের বেশীর ভাগই ধরে রাখে। ফলে শীতকালে তা আরাম লাগে।

প্রশ্ন: দুধে তাপ দিলে তা উপচে পড়ে কেনো? ব্যাখ্যা করো।

উত্তর: পানির মতো দুধ কোনো সাধারণ তরল পদার্থ নয়। দুধের পানি শোষন করার ক্ষমতা থাকায় এটি একটি কলয়েডধর্মী পদার্থ। এতে প্রোটিন, শর্করা এবং ফ্যাট সুপ্তাবস্থায় থাকে। দুধকে যখন ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয় তখন প্রোটিন এবং ফ্যাট আলাদা হয়ে যায়। যেহেতু এগুলো দুধের তুলনায় হালকা হয় তাই তারা দুধের উপরে ক্রিমের মতো স্তর তৈরি করে। দুধে প্রচুর পরিমাণে পানিও থাকে। গরম করার সময় দুধের কিছু পানি জলীয়বাষ্পে পরিণত হয়। জলীয়বাষ্প হালকা হওয়ায় তা উপরে উঠে যাওয়ার চেষ্টা করে। কিন্তু দুধের উপরের স্তরটি ক্রিম দিয়ে আবৃত থাকায় জলীয়বাষ্প ক্রিম এর নীচে আটকা পড়ে যায়। দুধ যত উত্তপ্ত হয় জলীয়বাষ্পগুলো তত বেশি প্রসারিত হয় এবং দুধের উপরে ঘন ফেনা জমতে থাকে। আটকা পড়ে যাওয়া জলীয়বাষ্প গুলো ক্রিমের স্তরটিকে ঠেলে বের হয়ে যাওয়ার চেষ্টা করে এবং একসময় ক্রিমের স্তর ফেটে এরা বের হয়ে যায়। জলীয়বাষ্প বের হয়ে যাওয়ার সাথে সাথে দুধের উপরের ফেনা এবং দুধ উপচে পড়ে।

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

প্রশ্ন–১: 0°C তাপমাত্রার একটি পিতলের দন্ডের দৈর্ঘ্য 2 m। 100°C তাপমাত্রায় এর দৈর্ঘ্য 200.38 cm হলে, পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত?

প্রশ্ন–২: 0°C তাপমাত্রায় 100 cm লম্বা একটি অ্যালুমিনিয়ামের পাতের তাপমাত্রা 200°C তাপমাত্রায় উন্নীত করা হলো। যদি অ্যালুমিনিয়ামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 23.8×10^{-6} K^{-1} হয় তবে পাতের কতটুকু দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি হবে।

প্রশ্ন–৩: 0°C তাপমাত্রায় এক খন্ড তামার পাতের দৈর্ঘ্য 50 m এবং প্রস্থ 40 m। 30°C তাপমাত্রায় এই পাতের ক্ষেত্রফল 2002 m^2 হয়। তামার পাতের ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় করো।

প্রশ্ন–৪: 40°C তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য 100 m লোহার রেললাইনের দৈর্ঘ্য কতটুকু বৃদ্ধি পাবে? [লোহার আয়তন প্রসারণ সহগ 34.8×10^{-6} K^{-1}]

প্রশ্ন–৫: 0°C তাপমাত্রায় একটি সীসার গুলির আয়তন 2.5×10^{-6} m^3। 98°C তাপমাত্রায় এর আয়তন 0.021×10^{-6} m^3 বৃদ্ধি পায়। সীসার আয়তন, ক্ষেত্র ও দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় করো।

প্রশ্ন–৬: 0°C তাপমাত্রায় একটি সীসার গুলির আয়তন 25 cm^3। 100°C তাপমাত্রায় এর আয়তন কত হবে? [সীসার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 27.6×10^{-6} K^{-1}]

প্রশ্ন–৭: গ্লিসারিনের প্রকৃত প্রসারণ সহগ 53×10^{-5} K^{-1}। 0°C তাপমাত্রায় 200 cm^3 গ্লিসারিনের তাপমাত্রা 30°C বাড়ালে এর প্রসারণ কত হবে?

প্রশ্ন–৮: কোনো কাচ পাত্রে রাখা পারদের আপাত প্রসারণ সহগ 14.66×10^{-5} K^{-1}। এই পাত্রে রাখা 0°C তাপমাত্রার 250 cm^3 পারদের তাপমাত্রা 30°C এ উন্নীত করলে আপাত প্রসারণ কত হবে?

প্রশ্ন–৯: চাপ স্থির রেখে 0°C তাপমাত্রার 500 cm^3 গ্যাসের তাপমাত্রা 10°C বৃদ্ধি করলে এর আয়তন 518.3 cm^3 হয়। গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ নির্ণয় করো।

প্রশ্ন–১০: 0°C তাপমাত্রায় কোনো গ্যাসের চাপ 76 cm পারদ চাপ হলে কত তাপমাত্রায় এর চাপ 89.91 cm পারদ চাপ হবে? [স্থির চাপে গ্যাসের চাপ প্রসারঙ্ক 0.00366 K^{-1}]

প্রশ্ন–১১: 20°C তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য 200 m দীর্ঘ লোহার রেললাইনের দৈর্ঘ্য কতটুকু বৃদ্ধি পাবে? [লোহার আয়তন প্রসারণ সহগ 34.8×10^{-5} K^{-1}]

প্রশ্ন–১২: –273°C কে কেলভিন স্কেলে প্রকাশ করো।

প্রশ্ন–১৩: 100°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে পিতলের একটি দন্ডের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি ঘটে 0.38 cm। পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 19×10^{-6} K^{-1} হলে, দন্ডের আদি দৈর্ঘ্য কত?

প্রশ্ন–১৪: 0°C তাপমাত্রায় 1 m লম্বা একটি অ্যালুমিনিয়াম দন্ডের তাপমাত্রা 200°C এ উন্নীত করলে এর দৈর্ঘ্য 1.00476 m হয়। অ্যালুমিনিয়ামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কত?

প্রশ্ন–১৫: 25°C তাপমাত্রায় একটি সীসার পাতের ক্ষেত্রফল 4 m^2। 200°C তাপমাত্রায় এর ক্ষেত্রফল কত হবে? [সীসার ক্ষেত্রফল সহগ 55×10^{-6} K^{-1}]

প্রশ্ন–১৬: 0°C তাপমাত্রার এক খন্ড তামার দৈর্ঘ্য 60 m এবং প্রস্থ 50 m। 30°C তাপমাত্রায় সেই পাতের ক্ষেত্রফল হয় 3003 m^2। তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় করো।

প্রশ্ন–১৭: 60°C তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য 200 m দীর্ঘ লোহার রেললাইনের দৈর্ঘ্য কতটুকু বৃদ্ধি পাবে? [লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 11.6×10^{-5} K^{-1}]

প্রশ্ন–১৮: 0°C তাপমাত্রায় একটি সীসার আয়তন 20 cm^3। সীসার আয়তন প্রসারণ সহগ 82.8×10^{-6} K^{-1} হলে 100°C তাপমাত্রার এর আয়তন কত হবে?

প্রশ্ন–১৯: 0°C তাপমাত্রায় 200 cm^3 গ্লিসারিনের তাপমাত্রা 30°C বাড়ালে এর আয়তন 203.18 cm^3 হয়। গ্লিসারিনের প্রকৃত প্রসারণ সহগ কত?

প্রশ্ন–২০: একটি পাত্রে কিছু তরল নিয়ে 80 °C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হলো। এতে প্রকৃত প্রসারণ 21 cm^3 এবং পাত্রের প্রসারণ 2 cm^3 হলে আপাত প্রসারণ কত?

প্রশ্ন–২১: 1 L ধারণ ক্ষমতার একটি বিকার পূর্ণ করে তাপ দেওয়ায় 5 mL পানি উপচে পড়ে। পাত্রের প্রসারণ 1 cm^3 হলে পানির প্রকৃত প্রসারণ কত?

প্রশ্ন–২২: একটি পাত্রে তরল নিয়ে কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করায় পাত্র সমেত তরলের আয়তনের 20×10^{-2} m^3 বৃদ্ধি লক্ষ্য করা গেল। তরলের প্রকৃত প্রসারণ 22×10^{-2} m^3 হলে, পাত্রের প্রসারণ কত?

প্রশ্ন–২৩: কাচপাত্রে রাখা পারদের আপাত প্রসারণ সহগ 14.66×10^{-5} K^{-1} এবং কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 0.00001 K^{-1} হলে, পারদের প্রকৃত প্রসারণ সহগ কত?

প্রশ্ন–২৪: 3 kg সীসার তাপমাত্রা 20°C বাড়াতে কত তাপের প্রয়োজন হবে? [সীসার আপেক্ষিক তাপ 130 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন–২৫: এক টুকরা সীসার তাপমাত্রা 50°C এ উন্নীত করতে 19500 J তাপশক্তির প্রয়োজন হলে সীসার টুকরাটির ভর কত? [সীসার আপেক্ষিক তাপ 130 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন–২৬: 50 gm দস্তার তাপমাত্রা 20°C থেকে 100°C এ উন্নীত করতে 1520 J তাপশক্তি প্রয়োগ করতে হয়। দস্তার আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করো।

প্রশ্ন–২৭: 23°C তাপমাত্রার 300 gm বেনজিনকে 8679 J তাপশক্তি প্রদান করলে এর তাপমাত্রা কত হবে? [বেনজিনের আপেক্ষিক তাপ 1700 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন–২৮: 120°C তাপমাত্রার 100 gm ভরের একটি বস্তুকে 50 gm ভরবিশিষ্ট একটি তামার পাত্রে 20°C তাপমাত্রার 300 gm পানির মধ্যে ডুবালে পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা 30°C এ উন্নীত হয়। বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করো। [তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন–২৯: 20°C তাপমাত্রার 200 gm ভরবিশিষ্ট একটি কাচপাত্রে 20 gm পানি আছে। 100°C তাপমাত্রার এক টুকরো লোহাকে এই পানিতে নিমজ্জিত করে ভালোভাবে নাড়া হলে মিশ্রনের তাপমাত্রা হয় 31.8 °C। লোহার টুকরার ভর নির্ণয় করো। [কাচ ও লোহার আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 670 J kg^{-1} K^{-1} এবং 460 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন–৩০: 100°C তাপমাত্রার 700 gm তামা 2 kg ভরবিশিষ্ট তামার পাত্রের 25°C তাপমাত্রার 1 kg পানির মধ্যে রাখা হলো। তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1} হলে, মিশ্রণের তাপমাত্রা নির্ণয় করো।

প্রশ্ন–৩১: 0.2 kg ভরের একটি পিতলের বলকে একটি চুল্লী থেকে তুলে 25°C তাপমাত্রার 150 gm পানিতে ডুবানো হলো। পিতলের বল কর্তৃক বর্জিত সমস্ত তাপ পানি গ্রহণ করেছে বলে মনে করলে এবং উভয়ের তাপমাত্রা 67°C এ এসে দাঁড়ালে চুল্লির তাপমাত্রা নির্ণয় করো। [পিতলের আপেক্ষিক তাপ 380 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন–৩২: 30°C তাপমাত্রার 200 gm রূপাকে সম্পূর্ণ গলাতে প্রয়োজনীয় তাপের পরিমাণ হিসাব করো। [রুপার আপেক্ষিক তাপ, গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ এবং গলনাঙ্ক যথাক্রমে 230 J kg^{-1} K^{-1}, 105000 J kg^{-1} এবং 960 °C]

প্রশ্ন–৩৩: –10°C তাপমাত্রা বিশিষ্ট 100 gm বরফকে 100°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো। [বরফের আপেক্ষিক এবং গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ যথাক্রমে 2100 J kg^{-1} K^{-1} ও 336000 J kg^{-1}]

প্রশ্ন-৩৪: –10°C তাপমাত্রা বিশিষ্ট 100 gm বরফকে 100°C তাপমাত্রার বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো। [বরফের আপেক্ষিক, গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ এবং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ যথাক্রমে 2100 J kg^{-1} K^{-1}, 336000 J kg^{-1} ও 2268000 J kg^{-1}]

প্রশ্ন-৩৫: সমান ভরের বরফ এবং ফুটন্ত পানি একত্রে মিশ্রিত করা হলো। এতে সম্পূর্ণ বরফ পানিতে পরিণত হলো এবং মিশ্রনের তাপমাত্রা 10°C হলো। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ বের করো।

প্রশ্ন-৩৬: –10°C তাপমাত্রায় 200 gm বরফকে 0°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো। [বরফের আপেক্ষিক এবং গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ যথাক্রমে 2100 J kg^{-1} K^{-1} ও 336000 J kg^{-1}]

প্রশ্ন-৩৭: –10°C তাপমাত্রায় 1 kg বরফকে 100°C তাপমাত্রায় জলীয়বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো। [বরফের আপেক্ষিক, গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ এবং পানির বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ যথাক্রমে 2100 J kg^{-1} K^{-1}, 336000 J kg^{-1} ও 2268000 J kg^{-1}]

প্রশ্ন-৩৮: 1 kg বরফকে 30°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে কি পরিমাণ তাপ লাগবে? [বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ এবং পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 336000 J kg^{-1} ও 4200 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন-৩৯: 200 gm ভরবিশিষ্ট অ্যালুমিনিয়ামের পাতের তাপমাত্রা 20°C বাড়াতে 1800 J তাপ লাগে। অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ বের করো।

প্রশ্ন-৪০: 0°C তাপমাত্রার 3 kg বরফকে বাষ্পে পরিণত করতে প্রয়োজনীয় তাপ নির্ণয় করো।

প্রশ্ন-৪১: 10 kg তামার তাপমাত্রা 30°C বাড়াতে কত তাপ লাগবে? [তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন-৪২: 1 kg ভরের একটি লোহার টুকরার তাপমাত্রা 80°C বৃদ্ধি করতে 36800 J তাপশক্তির প্রয়োজন হয়। লোহার আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করো।

প্রশ্ন-৪৩: 20°C তাপমাত্রার 500 gm রুপাকে 400 J তাপশক্তি প্রদান করলে এর চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হবে? [রুপার আপেক্ষিক তাপ 230 J kg^{-1} K^{-1}]

প্রশ্ন-৪৪: একটি তামার ক্যালরিমিটারের ভর 250 gm এবং উপাদানের আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1}। ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা 20°C হতে 70°C উঠাতে কত তাপের প্রয়োজন হবে?

প্রশ্ন-৪৫: –10°C তাপমাত্রায় 50 gm বরফের সাথে 40°C তাপমাত্রার 20 gm পানি মেশালে মিশ্রণের চূড়ান্ত উষ্ণতা কত হবে? [বরফের আপেক্ষিক তাপ, বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ এবং পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 2100 J kg^{-1} K^{-1}, 336000 J kg^{-1} ও 4200 J kg^{-1} K^{-1}]

সৃজনশীল প্রশ্নাবলী

১। $2\sqrt{3}$ m কর্ণবিশিষ্ট একটি ত্রি-মাত্রিক বর্গাকার কোনো স্থির বস্তুকে, 4 km দূরের 25 m^2 ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট 45 kg ভরের একটি তামার পাতের উপর নিক্ষেপ করা হলো। নিক্ষেপের সময় বস্তুটি 48×10^4 J গতিশক্তি প্রাপ্ত হয়। তামার পাতে আঘাত করার ফলে পাত কর্তৃক 9×10^4 J তাপ শোষিত হয়। নিক্ষেপের সময় তামার পাত ও বায়ুর উষ্ণতা 30°C ছিলো।

(ক) পরম তাপমাত্রা স্কেল কাকে বলে?
(খ) দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও তাপমাত্রা কিংবা তাপমাত্রা সমান হলেও তাপ ভিন্ন হতে পারে কি? - ব্যাখ্যা করো।
(গ) নিক্ষেপের ফলে বস্তুটি কর্তৃক আঘাত করায় তামার পাতে কি পরিমাণ চাপ অনুভূত হয় - তা নির্ণয় করো।
(ঘ) উদ্দিপকের ঘটনায় তামার পাতের কতটুকু ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায় এবং চূড়ান্তবস্থায় পাত থেকে নিঃসরিত বিকীর্ণ তাপের তরঙ্গদৈর্ঘ্য কীরূপ হবে - গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২। 80°C তাপমাত্রার 300 gm তামার টুকরোকে 50°C তাপমাত্রার 500 gm পানিতে ছেড়ে দেয়া হলো। অতঃপর উক্ত মিশ্রণে 0°C তাপমাত্রার 300 gm বরফ মিশ্রিত করা হলো। তামা ও পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 400 J kg^{-1} K^{-1} এবং 4200 J kg^{-1} K^{-1}। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1}।

(ক) হিমায়ন কাকে বলে?
(খ) তাপধারণ ক্ষমতা ও আপেক্ষিক তাপের পার্থক্য ব্যাখ্যা করো।
(গ) তামার টুকরার তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে রূপান্তর করো।
(ঘ) সম্পূর্ণ বরফ গলনের জন্য অতিরিক্ত তাপ প্রয়োগে প্রয়োজন হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৩। দুটি বৈদ্যুতিক খুঁটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 30 m। খুঁটি দুটির সাথে 30.001 m দৈর্ঘ্যের তামার তার যেদিন সংযোগ দেয়া হয় ঐ দিন বায়ুর তাপমাত্রা 30°C। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 16.7×10^{-6} K^{-1}। শীতকালে যেদিন বায়ুর তাপমাত্রা 4°C হলো সেদিন তারটি ছিঁড়ে গেলে।

(ক) পানির ত্রৈধ বিন্দুর সংজ্ঞা দাও।
(খ) দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও তাপমাত্রা ভিন্ন হতে পারে কি? ব্যাখ্যা করো।
(গ) বায়ুর তাপমাত্রাকে ফারেনহাইট স্কেলে প্রকাশ করো।
(ঘ) তারটি ছিঁড়ে যাবার কারণ গাণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা করো।

৪। দুটি ধাতব দন্ডের দৈর্ঘ্য 6 m। একটির তাপমাত্রা 30°C থেকে বাড়িয়ে 80°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেয়ে 6.0051 m হয়। অপর ধাতব দন্ডের তাপমাত্রা 20°C থেকে 60°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হলে এর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেয়ে 6.0041 m হয়। দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক α, ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক β ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক γ।

(ক) দুটি বস্তুর তাপের আদান প্রদান কীসের উপর নির্ভর করে।
(খ) তাপমাত্রা ও তাপ ভিন্ন কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) একটি ধাতব দন্ডের তাপমাত্রা ৪০°C হলে সেটি কেলভিন স্কেলে কত?
(ঘ) গাণিতিক ব্যাখ্যাসহ দন্ড দুটির উপাদান সম্পর্কে মন্তব্য করো।

৫। একজন তৃষ্ণার্ত পথিক 17°C তাপমাত্রার পানি পান করার উদ্দেশ্যে 30°C তাপমাত্রার 300 gm পানির মধ্যে –12°C তাপমাত্রার 250 gm বরফ মেশালেন। ক্যালরিমিতির মূলনীতি অনুযায়ী বরফ গলতে শুরু করলো।

(ক) তাপমাত্রিক ধর্ম কাকে বলে?
(খ) তাপ প্রয়োগে কঠিন বস্তুর প্রসারণ লাভের কারণ ব্যাখ্যা করো।
(গ) উক্ত বরফ বলতে কি পরিমান তাপের প্রয়োজন হয়েছিলো? তা নির্ণয় করো।
(ঘ) পথিকের পক্ষ্যে কতটুকু পানি পান করা সম্ভব হয়েছিল তা গাণিতিকভাবে যাচাই করো।

৬। 120°C তাপমাত্রার একখন্ড বস্তুর ভর 50 gm। বস্তুটিকে একটি 50 gm ভরের অ্যালুমিনিয়ামের ক্যালরিমিটারে 20°C তাপমাত্রার 150 gm পানিতে ছেড়ে দেয়ার পর মিশ্রণের তাপমাত্রা 30°C পাওয়া গেল। বস্তুটির আপেক্ষিক তাপ 1500 J kg^{-1} K^{-1} এবং অ্যালুমিনিয়ামের আপেক্ষিক তাপ 900 J kg^{-1} K^{-1}।

(ক) তাপধারণ ক্ষমতা কাকে বলে?
(খ) পানির ব্যতিক্রমী প্রসারণ বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।
(গ) বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ নির্ণয় কর।
(ঘ) উপরোক্ত তথ্যগুলো ক্যালরিমিতির মূলনীতিকে সমর্থন করে কিনা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৭। **দৃশ্যকল্প–১:** P ও Q বস্তুদুটির তথ্য ছক নিম্নরূপ—

বস্তু	**ভর**	**আপেক্ষিক তাপ**	**তাপমাত্রা**
P	100 gm	600 J kg^{-1} K^{-1}	68°F
Q	200 gm	500 J kg^{-1} K^{-1}	120°F

দৃশ্যকল্প–২: নবম শ্রেণীর একজন ছাত্র –1°C তাপমাত্রার দুই খন্ড বরফকে হাতে ধরে চাপ দিয়ে ছেড়ে দিলে তা জোড়া লেগে যায়। কিন্তু –2°C তাপমাত্রার দুই খন্ড বরফকে একইভাবে চেপে ধরে ছেড়ে দিলেও জোড়া লাগে না।

(ক) গলন কাকে বল?
(খ) বাষ্পায়নে শীতলতার উদ্ভব হয় কেনো? ব্যাখ্যা কর।
(গ) দৃশ্যকল্প-১ এ P ও Q বস্তুদুটিকে তাপীয় সংস্পর্শে রাখা হলে কী পরিমাণ তাপের আদান প্রদান হবে?
(ঘ) দৃশ্যকল্প-২ এর ঘটনাটি বিশ্লেষণ করো।

৮। একজন শরবত বিক্রেতা গরমের সময় 15 °C তাপমাত্রার শরবত তৈরীর জন্য 35°C তাপমাত্রার 20 kg পানিতে 0°C তাপমাত্রার কিছু পরিমাণ বরফ মেশায়। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ এবং পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 336000 J kg^{-1} ও 4200 J kg^{-1} K^{-1}।

(ক) দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কাকে বলে?
(খ) একটি গ্লাস ও একটি বালতি ভিতরে একই পরিমাণ পানি রাখলে কোনটির পানি দ্রুত বাষ্পায়িত হবে? ব্যাখ্যা করো।
(গ) পানি ও শরবতে শব্দের বেগের অনুপাত নির্ণয় করো।
(ঘ) উক্ত মিশ্রনের তাপমাত্রায় লোকটি শরবত তৈরিতে 6 kg বরফ ব্যবহার করলে সম্পূর্ণ বরফ গলবে কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৯। 2 kg বরফকে একটি পাত্রে রেখে বার্নারের তাপ দেওয়া হলো এবং প্রতি এক মিনিট পর পর পাঠ নেওয়া হল। বরফ গলনের সাথে পানির তাপমাত্রা নিচের ছকে দেখানো হলো। [বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1} এবং পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 4200 J kg^{-1} K^{-1}]

সময় (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
তাপমাত্রা (°C)	0	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	100

(ক) আদর্শ গ্যাস কাকে বলে?
(খ) মাটির পাত্রে পানি ঠান্ডা থাকে কেনো?
(গ) 3 min এ পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ কত?
(ঘ) উদ্দীপকের আলোকে অবস্থার পরিবর্তনে তাপের প্রভাব লেখচিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করো।

১০। পানির 15 m গভীরে উৎপন্ন হয়ে একটি বুদবুদ পানির উপরে উঠে আসলো। গঠন বিন্দুতে বুদবুদের আয়তন ছিলো 2 cm^3।

(ক) ঘনত্ব কীসের উপর নির্ভর করে?
(খ) কাচের টুকরাকে বিকারের পানিকে নিমজ্জিত করলে স্প্রিং নিক্তি ও ওজন মাপার যন্ত্রের পাঠের কী পরিবর্তন হবে? ব্যাখ্যা করো।
(গ) 2 atm বায়ুমন্ডলীয় চাপে পানির বহির্ভাগে বুদবুদের আয়তন নির্ণয় করো।
(ঘ) পানির পরিবর্তে যদি 1.37 × 10^3 kgm^{-3} ঘনত্বের তরল দেয়া হয়, তবে উদ্দিপকে প্রদত্ত গভীরতায় তরলের অভ্যন্তরে এবং তরলের বহির্ভাগে বুদবুদের আয়তনের অনুপাত কত হবে?

১১। A পাত্রে 10°C তাপমাত্রার 250 gm পানি আছে। 120 gm ভরবিশিষ্ট B বরফের তাপমাত্রা –5°C। পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 J kg^{-1} K^{-1}, বরফের আপেক্ষিক তাপ 2100 J kg^{-1} K^{-1} এবং বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1}।

(ক) তাপধারণ ক্ষমতা কাকে বলে?
(খ) জ্বর গায়ে জলপট্টি দিলে তাপমাত্রা হ্রাস পায় কেনো?
(গ) উদ্দিপকের বরফের টুকরোটির তাপমাত্রা ফারেনহাইট স্কেলে কত হবে? নির্ণয় করো।
(ঘ) উদ্দিপকের B বস্তুকে A পাত্রে ছেড়ে দিলে মিশ্রণের শেষ অবস্থা কি হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও।

১২। 30°C তাপমাত্রা বিশিষ্ট তামার গোলককে 110°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করায় এর আয়তন 32 m^3 হলো। তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1}, তামকর গোলকের ভর 250 gm। অপর একটি ধাতব বৃত্তাকার রিং এর ক্ষেত্রফল 11.34 m^2।

(ক) পুনঃশিলীভবন কাকে বলে?
(খ) দুটি বস্তুর তাপ সমান হলেও তাপমাত্রা সমান নাও হতে পারে— ব্যাখ্যা কর।
(গ) তামার গোলক কর্তৃক গৃহিত তাপের পরিমাণ নির্ণয় করো।
(ঘ) তাপশক্তির অপচয় না হলে উক্ত তামার গোলকটি উদ্দিপকের রিং এ প্রবেশ করানো যাবে কি না? যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।

১৩। 5 kg ভরের একটি লোহার দন্ডের তাপমাত্রা 65°F থেকে 98°F এ উন্নীত করা হলো। বৃত্তাকার প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট লোহার ব্যাস 4 cm এবং ঘনত্ব 7874 kgm–3। লোহা ও নিকেলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ যথাক্রমে 11.5 × 10^{-6} K^{-1} ও 13 × 10^{-6} K^{-1}। লোহার আপেক্ষিক তাপ 460 J kg^{-1} K^{-1}।

(ক) গলনাঙ্ক কাকে বলে?
(খ) একই পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্কের মান একই হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) লোহার দন্ডের গৃহীত তাপ নির্ণয় করো।
(ঘ) লোহার পরিবর্তে একই আকৃতির নিকেল দন্ড ব্যবহার করা হলে প্রসারণের কিরূপ পরিবর্তন হতো? দৈর্ঘ্য বৃদ্ধির তুলনা করে বিশ্লেষন করো।

১৪। 1 m দীর্ঘ ও 3 kg ভরের একটি দন্ডের তাপমাত্রা 30°C থেকে 50°C এ উন্নীত করতে 24000 J তাপ প্রয়োগ করতে হলো। ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ 2.34 × 10^{-3} m। অনুরূপ অন্য একটি দন্ডের একই তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দৈর্ঘ্য প্রসারণ হলো 2.2 × 10^{-4} m।

(ক) আপেক্ষিক তাপ কাকে বলে?
(খ) গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করো।
(গ) প্রথম দন্ডটির আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করো।
(ঘ) দন্ড দুটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ ভিন্ন হওয়ার কারণ গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।

১৫। তাপধারণ ক্ষমতা উপেক্ষণীয় একটি থার্মোফ্লাস্কে 10°C তাপমাত্রার 100 gm বরফ ও 20°C তাপমাত্রার 30 gm পানি আছে। 100°C তাপমাত্রার 12.5 gm বাষ্প ফ্লাস্কে ঘনীভূত করতে মেশানো হলো যাতে শুধু বরফ গলে যায়। বাষ্পীভবনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ ও বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ যথাক্রমে 2260 J gm^{-1} ও 336 J gm^{-1}। পানির আপেক্ষিক তাপ 4.2 J gm^{-1} $°C^{-1}$।

(ক) তাপীয় রোধ কাকে বলে?
(খ) শীতের দেশে রাস্তার বরফ গলানোর জন্য লবণ ব্যবহার করা হয় কেন?
(গ) উদ্দিপকের বরফ গলাতে তাপের পরিমাণ নির্ণয় করো।
(ঘ) ফ্লাস্কে বাষ্পের ঘনীভবনের পরে বরফের কি ঘটে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

১৬। একটি কারখানায় তিনটি সীসার পাতের উপর 1, 2 ও 3 নং লেভেল লাগানো আছে। প্রতিটি পাতের ক্ষেত্রফল 4 m^2। 1 নং পাতটিকে 175°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করায় ক্ষেত্রফল হয় 4.033 m^2। 2 ও 3 নং পাতদুটিকে যথাক্রমে 150°C ও 170°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হলো। কক্ষ তাপমাত্রা 25°C ছিলো।

(ক) বাষ্পায়নের সংজ্ঞা দাও।
(খ) স্ফুটনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব ব্যাখ্যা করো।
(গ) 1 নং পাতটির ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ নির্ণয় করো।
(ঘ) তাপ প্রয়োগে 2 ও 3 নং পাতদুটির ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন সমান নয়— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

১৭। 25°C তাপমাত্রায় 500 gm ভরের তামার পাত্রে 75°C তাপমাত্রার 250 mL পানি রাখা হলো। তাপ আদান প্রদানের ফলে উভয়ের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 65°C হলো। তাপ দেয়ার ফলে পানির আপাত প্রসারণ 1.5 mL, তামার আয়তন প্রসারণ সহগ 5.01 × 10^{-6} K^{-1} এবং পানির ঘনত্ব 1000 kgm^{-3} বিবেচনা করা হলো।

(ক) স্টীমবিন্দু কি?
(খ) শীত প্রধান দেশে পানির পাইপ ফেটে যায় কেনো ব্যাখ্যা করো।
(গ) উদ্দিপকে ব্যবহৃত পানির প্রকৃত প্রসারণ নির্ণয় করো।
(ঘ) উক্ত ঘটনায় চূড়ান্ত তাপমাত্রা আরও 8°C বৃদ্ধি করতে অতিরিক্ত আরও কতটুকু পানির প্রয়োজন— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা করো।

১৮। একটি রেললাইন 200 m দীর্ঘ লোহার পাত ব্যবহৃত হয়েছে। দুটি পাতের মধ্যে 4 cm ফাঁক রাখা হয়েছে। তাপমাত্রা স্বাভাবিকের চেয়ে 10°C বেড়ে গেলো। লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 11.5×10^{-6} K^{-1}।

(ক) হুকের সূত্রটি লিখো।
(খ) একটি পানিপূর্ণ পাত্রে ডিম ছেড়ে দিলে ডুবে যায় কিন্তু পাত্রের পানিতে পরিমাণ মতো লবণ মিশ্রিত করলে ভেসে উঠে কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) লোহার পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ নির্ণয় করো।
(ঘ) তাপমাত্রা 15°C বৃদ্ধি পেলে রেললাইনের উপর কি প্রভাব পড়বে? গাণিতিকভাবে ইহার ফলাফল বিশ্লেষণ করো।

১৯। 0.5 kg ভরের একটি তারে 1950 J তাপ প্রয়োগ করায় এর 30 K তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং চূড়ান্ত দৈর্ঘ্য 100.033 m হয়।

(ক) ভার্নিয়ার ধ্রুবক কাকে বলে?
(খ) 371 K তাপমাত্রায় পানি ফুটানো সম্ভব— ব্যাখ্যা করো
(গ) তারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করো।
(ঘ) তারের আদিদৈর্ঘ্য দ্বারা তৈরী একটি রিং 32 m উচ্চতাবিশিষ্ট কোনো ফাঁপা ঘনকের ভিতরে প্রবেশ সম্ভব হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

২০। 36.89°C তাপমাত্রায় একটি দন্ডের দৈর্ঘ্য 100 m। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেয়ে 66.89°C হওয়ায় এর দৈর্ঘ্য 100.033 m হয়।

(ক) বরফ বিন্দু কাকে বলে?
(খ) রেললাইনে যেখানে দুটি লোহার বার মিলিত হয়, সেখানে ফাঁক থাকে কেনো?
(গ) সেলসিয়াস স্কেলে তাপমাত্রা 36.89°C হলে ফারেনহাইট স্কেলে কত হবে?
(ঘ) উদ্দিপকের দন্ডটি কিসের তৈরী? গাণিতিক যুক্তিসহ মতামত দাও।

২১। 28°C তাপমাত্রার 2 kg পানিতে –10°C তাপমাত্রার 400 gm বরফ ছেড়ে দেয়া হলো। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1} এবং বরফ ও পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 2100 J kg^{-1} K^{-1} ও 4200 J kg^{-1} K^{-1}।

(ক) এক ডিগ্রি সেলসিয়াসের সংজ্ঞা দাও।
(খ) আপেক্ষিক তাপ বলতে কি বুঝায়? ব্যাখ্যা করো।
(গ) উদ্দিপকের মিশ্রণের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা নির্ণয় করো।
(ঘ) উদ্দিপকের পানিতে 400 gm বরফের পরিবর্তে 800 gm বরফ ছেড়ে দিলে সম্পূর্ণ বরফ গলবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

২২। 0°C তাপমাত্রার 0.05 kg বরফের সাথে 30°C তাপমাত্রার 0.2 kg পানি মেশানো হলো। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1} এবং পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 J kg^{-1} K^{-1}।

(ক) স্ফুটন কাকে বলে?
(খ) বরফ পানিতে ভাসে কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) উদ্দিপকে উল্লিখিত বরফকে 50°C তাপমাত্রার পানিতে পরিণত করতে কত তাপ লাগবে?
(ঘ) মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করো।

২৩। 100°C তাপমাত্রার 500 gm পানির মধ্যে 20°C তাপমাত্রার 200 gm পানি মিশ্রিত করা হলো। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1} এবং পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 J kg^{-1} K^{-1}।

(ক) দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ কাকে বলে?
(খ) আপেক্ষিক তাপ ও তাপধারণ ক্ষমতার সম্পর্ক নির্ণয় করো।
(গ) মিশ্রণের তাপমাত্রা নির্ণয় করো।
(ঘ) মিশ্রণটিতে 620 gm বরফ দিলে সম্পূর্ণ বরফ গলবে কি না— তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

২৪। 23°C তাপমাত্রার 500 g ভরের তামার পাত্রে 75°C তাপমাত্রার 200 mL পানি রাখা হল। ফলে তাপ আদান-প্রদানের ফলে উভয়ের চূড়ান্ত তাপমাত্রা হল 65°C তাপ দেয়ার ফলে পানির আপাত সংকোচন হয় 1.49 mL। তামার আয়তন প্রসারণ সহগ 50.1×10^{-6} K^{-1} ও পানির ঘনত্ব 1000 kgm^{-1}।

(ক) বয়েলের তাপমাত্রা কাকে বলে?
(খ) মোলার গ্যাস ধ্রুবককে সার্বজনীন বলা হয় কেনো?
(গ) পানির প্রকৃত সংকোচন নির্ণয় কর।
(ঘ) উক্ত ঘটনায় চূড়ান্ত তাপমাত্রা আরো 5°C বৃদ্ধি করতে অতিরিক্ত কতটুকু পানির প্রয়োজন— গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

২৫। সাবিত 3.5°C তাপমাত্রার টোকিও শহরে বেড়াতে গেলো। গোসলের সময় সে হোটেল বয় কে 36.3°C তাপমাত্রার 40.50 kg পানি দিতে বললে, হোটেল বয় কিছু পানিকে সর্বোচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে সাবিতকে দিলো।

(ক) তুহিনীভবন কি?
(খ) মোম গলনের সময় তাপমাত্রা বাড়ে না কেনো?
(গ) উদ্দীপকের তাপমাত্রা ব্যবধান ফারেনহাইট স্কেলে নির্ণয় করো।
(ঘ) হোটেল বয় ঠান্ডা ও গরম পানি সমান পরিমাণ ছিলো কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

২৬। একটি পিতলে কারখানায় 2 m দৈর্ঘ্যের এক টুকরো পিতল কে ব্যবহারের উদ্দেশ্যে তাপ প্রয়োগ করে এর তাপমাত্রা 0°C থেকে 100°C এ উন্নীত করা হলো। এতে পিতলের দৈর্ঘ্য কিছুটা বৃদ্ধি পাওয়ায় তা ব্যবহারের উপযোগী হলো।

(ক) স্ফুটনাংক কি
(খ) স্থিরাঙ্ক বলতে কি বুঝ? ব্যাখ্যা করো।
(গ) পিতলের দৈর্ঘ্যের প্রসারণ সহগ 19×10^{-6} K^{-1} হলে, টুকরাটির দৈর্ঘ্য কতটুকু বৃদ্ধি পাবে?
(ঘ) উল্লিখিত টুকরাটির অভ্যন্তরীণ শক্তির কোনো পরিবর্তন হবে কি না— যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।

২৭। 15°C তাপমাত্রায় একটি রেললাইনের 30 m দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একাধিক ইস্পাতের পাত রয়েছে। দুটি পাতের মধ্যে 1.5 cm ফাঁক বিদ্যমান। ইস্পাতের দৈর্ঘ্যের প্রসারণ সহগ 11×10^{-6} K^{-1}।

(ক) কঠিনীভবন কি?
(খ) কোনো বস্তু অভ্যন্তরীণ শক্তি বৃদ্ধির পরিমান কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে?
(গ) কত তাপমাত্রায় উদ্দিপকের পাতদ্বয়ের ফাঁক পূর্ণ হয়ে যাবে?
(ঘ) যদি তাপমাত্রা 70°C এ পৌঁছায় তখন রেললাইন নিরাপদ থাকবে কি না? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৮। 70°C তাপমাত্রার 600 gm পানির মধ্যে 25°C তাপমাত্রার 300 gm পানি মিশ্রিত করা হলো। পরবর্তীতে মিশ্রণে –50°C তাপমাত্রার 500 gm বরফ দেয়া হলো। বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1} এবং বরফ ও পানির আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 2100 J kg^{-1} K^{-1} ও 4200 J kg^{-1} K^{-1}।

(ক) ঊর্ধ্বপাতিত বস্তু কাকে বলে?
(খ) কোনো পাত্রে তরল রেখে তাপ দিলে প্রথমে তরল স্তম্ভ কিছুটা নিচে নেমে আসে কেনো?
(গ) বরফ দেয়ার পূর্বে মিশ্রণের তাপমাত্রা নির্ণয় করো।
(ঘ) সম্পূর্ণ বরফ গলবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

২৯। 80°C তাপমাত্রার 2 Litre পানিতে 20°C তাপমাত্রার 4 Litre পানি মেশানো হলো। মিশ্রিত পানির তাপমাত্রা 40°C এ পরিণত হলো।

(ক) লীনতাপ কাকে বলে?
(খ) শীতকালে ভেজা কাপড় দ্রুত শুকায় কেনো?
(গ) মিশ্রিত পানির তাপমাত্রা ফারেনহাইটে প্রকাশ করো।
(ঘ) উদ্দিপকের ঘটনাটি ক্যালরিমিতির মূলনীতিকে সমর্থন করে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৩০। 2 kg ভরের একটি বস্তুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা যথাক্রমে 20 cm, 12 cm ও 4 cm। বস্তুর আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1} ও দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 1.6×10^{-6} K^{-1}।

(ক) পানির ত্রৈধবিন্দুর তাপমাত্রা কত?
(খ) তাপের গতীয় মতবাদ ব্যাখ্যা করো।
(গ) বস্তুটির তাপমাত্রা 60°C বৃদ্ধি করলে আয়তন কত হবে?
(ঘ) বস্তুটির তাপমাত্রা 60°C বৃদ্ধিতে প্রয়োজনীয় তাপ দ্বারা –5°C তাপমাত্রার 1.5 kg বরফকে সম্পূর্ণ গলানো সম্ভব কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৩১। 6 kg বরফ এবং সমপরিমাণ ফুটন্ত পানি ভালোভাবে মেশানো হলো। এতে সম্পূর্ণ বরফ পানিতে পরিণত হলো এবং মিশ্রণের তাপমাত্রা –10°C হলো।

(ক) তাপমাত্রা কি?
(খ) আয়তন একটি তাপমাত্রিক ধর্ম ব্যাখ্যা করো।
(গ) বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ নির্ণয় করো।
(ঘ) উক্ত মিশ্রণে –3°C তাপমাত্রার 2 kg বরফ ফেলা হলে সম্পূর্ণ গলবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৩২। 70°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 50 cm ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট একটি গোলককে ঠান্ডা করার জন্য পানিতে ছেড়ে দেওয়া হলো। ফলে পানির তাপমাত্রা 15°C থেকে 40°C এ উন্নীত হলো। গোলকটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1} এবং ভর 50 kg।

(ক) তাপ কি?
(খ) গরম বাল্বের গায়ে পানি পড়লে ফেটে যায় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ নির্ণয় কর?
(ঘ) গোলকটি পানিতে ভাসবে না ডুববে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৩। শীত ও গ্রীষ্মকালে কোনো স্থানের তাপমাত্রা ছিলো যথাক্রমে 25°C এবং 40°C। শীতকালে শব্দের বেগ ছিলো 347 ms^{-1}। A ও B দুটি দন্ডকে উক্ত তাপমাত্রার ব্যবধানে উত্তপ্ত করা হলো। এতে তাতেদর দৈর্ঘ্য যথাক্রমে 100.052 cm ও 101.001 cm হলো। দন্ডদ্বয়ের আদিদৈর্ঘ্য 1 m ছিলো।

(ক) মোলার গ্যাস ধ্রুবক কাকে বলে?
(খ) ধ্রুবক চাপে গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সহগ কি ধ্রুবক? ব্যাখ্যা করো।
(গ) উল্লেখিত তথ্যানুসারে গ্রীষ্মকালে শব্দের বেগ নির্ণয় করো।
(ঘ) A ও B দন্ডদুটি একই উপদানের না ভিন্ন উপাদানের? গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ করো।

৩৪। 0°C এর 80 gm বরফকে 10°C এর 2 Litre পানিতে ছেড়ে দেয়া হলো। পানি 200 gm ভরের তামার পাত্রে রাখা আছে। পানি ও তামার আপেক্ষিক তাপ যথাক্রমে 4200 J kg^{-1} K^{-1} ও 400 J kg^{-1} K^{-1} এবং বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1}।

(ক) বয়েলের তাপমাত্রা কাকে বলে?
(খ) আদর্শ গ্যাস ও বাস্তব গ্যাসের পার্থক্য লিখো।
(গ) পাত্র এবং পানির তাপমাত্রা 8°C এ নেমে আসলে কত তাপ বর্জিত হবে?
(ঘ) সবটুকু বরফ গলে পানিতে পরিণত হবে কি? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৫। একটি 5 m তারের উপর 25 kg ভার রাখা হলো। এর কারণে এর দৈর্ঘ্য 1 cm বৃদ্ধি পেলো। তারটির ব্যাসার্ধ 2 mm এবং এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 11.6×10^{-6} K^{-1}।

(ক) বাস্তব গ্যাস কাকে বলে?
(খ) বায়বীয় পদার্থের ক্ষেত্রে আপাত ও প্রকৃত প্রাসারণের মধ্যে পার্থক্য নেই কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) কত তাপমাত্রার পার্থক্যে তারটি 1 cm বৃদ্ধি পাবে?
(ঘ) উদ্দিপক হতে হুকের ধ্রুবকের মান নির্ণয় করো।

৩৬। 0°C তাপমাত্রার একটি ইস্পাত খন্ডের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা 20 cm, 5 cm ও 10 cm। এটিকে উত্তপ্ত করায় এর ক্ষেত্রফল 0.22 cm^2 বৃদ্ধি পেলো। পাতটির ক্ষেত্রফল প্রসারণ সহগ 22×10^{-6} K^{-1}।

(ক) ঘনীভবন কাকে বলে?
(খ) গ্যাসের গতিতত্ত্বের বর্ণনা দাও।
(গ) ইস্পাতের পাতটিকে সর্বোচ্চ কত তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়েছিলো?
(ঘ) পাতটি 120°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে এর আয়তন কত শতাংশ বৃদ্ধি পাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

৩৭। 100°C তাপমাত্রার 1 kg পানি ও 30°C তাপমাত্রার 400 kg পানি মিশ্রিত করা হলো।

(ক) স্থিরাঙ্ক কি?
(খ) প্রেসার কুকারে দ্রুত রান্না হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) উক্ত মিশ্রণের তাপমাত্রা কত?
(ঘ) উক্ত মিশ্রণে –10°C তাপমাত্রার 600 kg বরফ ফেলা হলে সম্পূর্ণ বরফ গলবে কি না— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৩৮। 30°C তাপমাত্রার 3 m^3 আয়তনের একখন্ড তামার পাতের তাপমাত্রা 60°C এ উন্নীত করা হলো। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 11.6×10^{-6} K^{-1}, তামার আপেক্ষিক তাপ 400 J kg^{-1} K^{-1}, পানির আপেক্ষিক তাপ 4200 J kg^{-1} K^{-1}, বরফ গলনের আপেক্ষিক সুপ্ততাপ 336000 J kg^{-1} এবং তামার ঘনত্ব 8920 kgm^{-3}।

(ক) ক্যালরিমিটার কাকে বলে?
(খ) ক্যালরিমিটারের মূলনীতি ব্যাখ্যা করো।
(গ) তামার পাতটির আয়তন কতটুকু বৃদ্ধি পাবে?
(ঘ) তামার পাত কর্তৃক গৃহীত তাপ দ্বারা কতটুকু বরফ গলানো যাবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৩৯। 0°C তাপমাত্রার 1.5 kg পানি 100°C তাপমাত্রার 2.5 kg পানির মধ্যে রাখা হলো।

(ক) জলসম কাকে বলে?
(খ) কোনো বস্তুর তাপধারণ ক্ষমতা কোন কোন বিষয়ের উপর নির্ভর করে? ব্যাখ্যা করো।
(গ) মিশ্রণের তাপমাত্রা নির্ণয় করো।
(ঘ) যদি উক্ত মিশ্রণে আরও 0°C তাপমাত্রার 2.625 kg পানি যোগ করা হয়, তবে মিশ্রণের তাপমাত্রা কত ডিগ্রী ফারেনহাইট হ্রাস পাবে? গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে মতামত দাও।

৪০। একজন ছাত্র একটি পরীক্ষা করার জন্য 20°C তাপমাত্রার 60 cm^3 আয়তনের একটি কাচের পাত্র পারদপূর্ণ করে নিল। তারপর হঠাৎ একটি কাজে বাইরে যাবার সময় ভুলে পাত্রটিকে একটি জলন্ত বুনসেন বার্নারের উপরে রেখে দিল। এতে করে পাত্রের তাপমাত্রা 40°C বেড়ে কিছু পারদ উপচে পড়ল। ছাত্রটি ফিরে এসে এটি দেখে দ্রুত বার্নারটি বন্ধ করে দিল। কাঁচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ 9×10^{-6} k^{-1} এবং পারদের প্রকৃত প্রসারণ সহগ 18×10^{-5} k^{-1}।

(ক) পরম ফারেনহাইট স্কেল কাকে বলে?
(খ) সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেল কখনো একই পাঠ দেয় না কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) ঐ পাত্রে কত আয়তনের পারদ উপচে পড়েছে?
(ঘ) পারদের আপাত প্রসারণ সহগ কত হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৪১। জারীফ তাদের স্কুলের ল্যাবে একটি পরীক্ষা করছিল। পরীক্ষায় সে একটি পাত্রে রাখা 2000 mm^3 আয়তনের পানিতে তাপ দিচ্ছিল। 5 min ধরে তাপ দেওয়ার পর সে লক্ষ্য করলো যে, পাত্রে পানি 20 mm^3 পরিমাণ বৃদ্ধি পেয়েছে। কিন্তু সে জানতে পারলো যে, প্রসারণের পরিমাণ হওয়া উচিত ছিল 23 mm^3।

(ক) কণার গতিতত্ত্ব কাকে বলে?
(খ) তাপমাত্রার পার্থ্যক্যের ক্ষেত্রে সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেল একই পাঠ দেয় কেনো?
(ঘ) আদি অবস্থায় তাপমাত্রা ছিল 25°C এবং তাপ দেওয়ার পর পাত্রের তাপমাত্রা 80°C হলে পাত্রের উপাদানের দৈর্ঘ্য প্রসারণ সহগ নির্ণয় কর।

৪২। 0°C তাপমাত্রার 1500 gm পানি 100°C তাপমাত্রার 2500 gm পানির সাথে মেশানো হলো।

(ক) ত্রৈধ বিন্দু কি?
(খ) তাপ পরিমাপের মূলনীতি ব্যাখ্যা করো।
(গ) মিশ্রণটির তাপমাত্রা কত হবে তা নির্ণয় করো।
(ঘ) উক্ত মিশ্রণে 0°C তাপমাত্রার 2625 gm পানি যোগ করলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত ডিগ্রী ফারেনহাইট হবে? গাণিতিক ব্যাখ্যা করো।

৪৩। 20°C তাপমাত্রায় একটি সীসার গুলি 300 ms^{-1} বেগে একটি দেয়ালের মধ্যে প্রবেশ করায় সমস্ত গতিশক্তি তাপশক্তিতে রুপান্তরিত হলো। সীসার আপেক্ষিক তাপ 130 J kg^{-1} k^{-1}।

(ক) ভূ-তাপীয় শক্তি কি?
(খ) সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগে সমান ভরের পানি থেকে তামা বেশি উত্তপ্ত হয় কেনো? ব্যাখ্যা করো।
(গ) গুলির প্রাথমিক তাপমাত্রাকে ফারেনহাইটে প্রকাশ করো।
(ঘ) কেলভিন স্কেলে গুলির শেষ তাপমাত্রা কত হবে তা— গাণিতিকভাবে বিশ্লেষন করো।

৪৪। 10°C তাপমাত্রায় বর্গাকার একটি তামা ও ইস্পাতের পাতের ক্ষেত্রফল 9 m^2। তাপ দিয়ে ইস্পাতের পাতের তাপমাত্রা 50°C এ উন্নীত করায় ক্ষেত্রফল 9.012024 m^2 হলো। তামার ক্ষেত্র প্রসারণ সহগ 22×10^{-6} K^{-1}।

(ক) এক কেলভিন কাকে বলে?
(খ) সূর্যের চারদিকে পৃথিবীর গতি কি ধরণের গতি?
(গ) তামার আয়তন প্রসারণ সহগ নির্ণয় করো।
(ঘ) তাপমাত্রা বৃদ্ধি করে তামার পাতকে ইস্পাতের পাতের উপর সমপাতিত করা সম্ভব হবে কি? গাণিতিক বিশ্লেষণ করে মতামত দাও।